tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 53 nr. 5 1988

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 60,- per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt fl. 60,-. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

ONDERWIJSCOMMISSIE

THE CAREER OF HEINRICH HERTZ: THE HISTORICAL, SOCIAL AND POLITICAL CONTEXT

James G. O'Hara Ph.D.
Leibniz Archiv, Hannover, BRD

The intention of this paper is to relate studies of the life and work of Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894) to approaches being taken within the disciplines of history of science and technology and of social history. In the first part a number of aspects of the development and organization of the exact sciences in nineteenth-century Germany are treated, special attention being paid to the role of Hertz's alma mater, the University of Berlin, and to his mentor, Hermann von Helmholtz. In the second part the general social and political context is reviewed by looking at the changing outlook and attitudes of German scientists which may have influenced Hertz during his formative years. In the third and final part of the paper the career development of Hertz is examined in detail. In assessing the course of Hertz's researches, that led to the verification of the finite velocity of propagation of electromagnetic wave Radiation in 1887/ 1888, emphasis is placed on his hitherto unpublished paper of 1879 that contained the seeds of his later success.

Introduction

The primary objective of this paper to examine the course of Heinrich Hertz's early career in relation to the state of the exact sciences in Imperial Germany between 1870 and 1890, paying special attention to aspects of the organization of higher education and scientific research, of science policy and of social history. In a previous paper the author has outlined in considerable detail the course of Hertz's career (O'Hara 1988). Here it is intended to deal more briefly with the details of his life and achievements and concentrate on the state and organization of science in nineteenth-century Germany, treating the general sociopolitical context of Heinrich Hertz's life and work in greater detail.

Within the discipline of social history the concept of science is defined in a comprehensive sense (Bayertz 1987) and is understood to include the totality of activities carried on by the the scientist. Thus "science" is understood not just as the establishment of empirical data and the construction of theories but as the sum total of these and a variety of further activities such as, for example, the popularisation of research results, the expression of professional interests and their realisation in the political sphere.

In accordance with this understanding of things, it is proposed first of all to review the state and development of the exact sciences in Germany throughout the nineteenth century; in the second place I intend to treat the matter from a standpoint external to science, i.e. in relation to the development of German society as a whole in the period under consideration.

Having explained this general historical and sociopolitical context, the author proposes to return in the third and final part of the essay to the life and work of Heinrich Hertz. His achievements, like those of other great scientists, must be interpreted as a function of both his personal genius and of the scientific and societal environment in which he emerged. In order to be able to characterize this environment, in the case of Hertz, we must look first of all at the general state and



organization of the exact sciences in Germany throughout the century.

The organisation of science in Germany

When we consider then the scientific map of Germany in the early decades of the nineteenth century we see that a number of significant centres of activity in the exact sciences, and particularly physics, stand out: they included the university towns of Berlin, Göttingen, Königsberg, Bonn, Erlangen, Heidelberg and Leipzig where a variety of eminent, in many cases internationally known scientists and mathematics worked.

Nevertheless, Germany was, in comparison with Britain and France, in many respects an underdeveloped country as far as physics and the exact sciences were concerned. The situation of the exact sciences reflected in many ways an evil effecting all of scientific and technological progress and generally attributed to negative influences from within the sciences and in particular of the romantic *Naturphilosophie* and of the philosophy of idealism and neo-humanism. Heinrich Hertz was to refer in 1891 to the romantic *Naturphilosophie* as "das Unkraut einer falschen Philosophie" (Lenard, Ed., 1895, p. 360) and he added "die Begeisterung, welche die Scheinerfolge der Naturphilosophie begleitete, wurde vom Auslande mit Recht nicht geteilt".

The University of Berlin was, from its foundation in 1810, to serve as a model for the reform of all other German universities in the spirit of neo-humanism and of the idealist philosophy which, through a fundamental orientation towards pure scholarship and scholarship for its own sake, virtually ruled out the creation of applied scientific and technological faculties. As an intellectual current neo-humanism and German idealism stood in direct contradiction to both the traditional university system and to the European Enlightenment that tended to view the university as a place of vocational training and science and scholarship as commodities to be applied in a commercial, economic and industrial context.

In the event, a genre of technical or polytechnical institution came into being alongside the universities whose origins and raison dêtre are to be found in the influences of developing industrialisation. The École Polytechnique, founded in Paris in the wake of the Revolution, was to serve as a prototype for similar institutions in Germany and elsewhere in Europe. In the curricula of the French school science, and especially mathematics, had been accorded a central role. Thus the École Polytechnique has been characterized as the institutionalization of the process of mathematization in the sciences that began with the *"Mathesis universalis"* of Descartes and Leibniz (Manegold 1970).

Based accordingly on the model of the *École Polytechnique* and of similar institutions in Vienna and Prague, the first *polytechnischen Schulen* in Germany were founded in Karlsruhe (1825), Berlin (1829) and Hannover (1831). In the following decades other such schools were established in Aachen, Braunschweig, Darmstadt, Dresden, Munich and Stuttgart. The foundation of the *technischen Hochschulen* represented a new departure within the higher educational system; they were conceived not just as a form of special technical school in the narrow sense, and thus merely a response to economic and commercial requirements, but rather as a *"Universitas scientiarum technicarum"*, a technological university with an independent existence. Full emancipation of the German *technischen Hochschulen* was, however, only achieved at the end of the century when, in 1899, they gained the right to grant doctoral degrees. As will be seen below, Hertz's career was intimately connected with both the traditional university system and with the new technological university system.

Concomitant with, but not necessarily governed by, the course of political events that culminated in the unification of Germany and the foundation of the Empire, *die Reichsgründung*, science, and the institutionalization and organisation of science, experienced an upturn and improvement from the mid-century onwards. Among the exact sciences physics assumed an important place and the subject experienced a rapid growth following the foundation of the Empire (Hermannn 1977). Already in the 1850's and

1860's a number of new physics institutes had been founded. After 1871, however, there was further expansion and new institutes were created at virtually all German universities.

The upturn in the fortunes of physics and of the exact sciences was of course not alone the outcome of increased scholarly activity but was the manifestation of an emerging science and technology policy that was governed in the last analysis by political, social and economic factors to which we shall return below. The mood in German society following the foundation of the Empire was undoubtedly one of optimism and belief in the continuing progress of science and technology and in the benefits to be expected from such progress. This "Fortschrittsgläubigkeit" was prevalent throughout the society, but was particularly pronounced in the middle classes from which the most scientists came.

With the reorganisation and reorientation of science, there emerged now, particularly within the traditional university system, a generation of scientists whose influence assisted the steady improvement of German science: Rudolf Clausius, Gustav Kirchhoff and Hermann Helmholtz. Berlin remained the principal centre, though others like Heidelberg, Bonn, Marburg, Leipzig and Munich certainly grew in importance. Heinrich Hertz's career began with studies at the Polytechnica in Dresden and Munich and at the universities in Munich and Berlin where he was to become associated with Helmholtz and his school. I would like therefore to take a closer look at Hertz's Alma Mater, the University of Berlin, and the development of physics there throughout the century.

<u>The University of Berlin</u>

Founded originally in the spirit of the neo-humanistic reform and under the influence of the philosophy of idealism, the University of Berlin owed its rise to prominence and international standing, in the first place, to the rapid growth of the humanities and philosophy. Nevertheless, Berlin could in Hertz's time look back on a relatively long tradition in physics (Klein 1979).

The first physicists were Gustav Magnus and Johann Christian Poggendorff (both appointed in 1834) but it was from the school of the physiologist Johannes Müller (appointed in 1833) that the most distinguished scientists emerged: Rudolf Virchow, Emil du Bois-Reymond, Gustav Karsten and of course Helmholtz, all of whom Heinrich Hertz was later to encounter. Du Bois-Reymond and Karsten were instrumental for example in the foundation of the *"Berliner Physikalischen Gesellschaft"* in 1845. It was in this Physical Society in 1847 that Helmholtz first read his famous paper on the conservation of energy. Other talented members of the young society were Clausius and Kirchhoff.

From the mid century onwards the standing of the exact sciences at the University of Berlin grew steadily. The meteorologist Heinrich Wilhelm Dove was then at the height of his fame. The physician Virchow, who had been exiled following the Revolution of 1848, was rehabilitated and reinstated. From 1856 onwards the great mathematician Karl Weierstraß worked at the University. The physiology professor, Du Bois-Reymond, who became Secretary of the Academy of Sciences and later Rector of the University, contributed greatly to the growth of public interest in natural science. Helmholtz' appointment as professor of physics in 1871 was followed by the transfer of two of his former associates from the University of Heidelberg, namely the philosopher Eduard Zeller (in 1872) and Kirchhoff (in 1874).

Heinrich Hertz was to encounter most of the scientists referred to here but it was Hermann Helmholtz (von Helmholtz from 1883) who was to have the greatest influence on his life and career. Helmholtz was in effect the founder of the "*Physikalisches Institut*", the Physics Department, which he headed for 17 years and a physical laboratory was first established under his directorship. Previously there had existed only an incomplete collection of physical instruments but Helmholtz, on his appointment, was able to negotiate a range of benefits and privileges including the building and equipment of a new Institute building and laboratory.

After 1871 Helmholtz was the undisputed principal representative of German physics and he enjoyed great international standing. As a scholar his researches encompassed a complete

spectrum of the exact sciences and philosophy: energetics, physiology, physiological acoustics and optics, hydrodynamics, electrodynamics and epistemology. In this respect he has sometimes been compared even with Leibniz. As professor Helmholtz lectured on experimental physics and held special lectures on different branches of mathematical and theoretical physics including dynamics and mechanics, theory of heat, acoustics, magnetism, electrodynamics and the electromagnetic theory of light. Though his normal lectures were carried out in a somewhat perfunctory and mechanical manner, he nevertheless succeeded, through private supervision in inspiring a number of highly talented students.

By the 1870's Helmholtz major research interest was in electrodynamics; his own papers, and the tasks he set his students, now formed part of a general programme for the clarification of the foundations of electrodynamics. It was hardly surprising therefore that Helmholtz should have guided the young Heinrich Hertz, perhaps his most distinguished student, in the direction of electrodynamics. The outcome, as I need hardly point out here, was that Hertz carried Helmholtz' programme of establishing electrodynamics on the firm foundation of the Maxwellian theory to a successful conclusion between 1879 and 1890, and discovered in the course of these researches the finite velocity of propagation of electromagnetic wave radiation in 1887/1888.

The exact sciences in German society

In the second part of this presentation we shall consider some aspects of the general sociopolitical context of the development of the exact sciences both before and after the foundation of the German Empire. The best approach is perhaps to consider the social and political conditions under which the scientists worked and to look at the political outlook of some of leading representatives of science in Germany in the 19th century (Bayertz 1987).

Let us look back at the situation in the first half of the 19th century. In this period there emerged, against a background of political absolutism and almost feudal conditions in the German states, an intellectual opposition that included large elements of the philosophical and literary intelligentsia . The aspirations of this intellectual opposition envisaged a radical transformation of German society: in particular the establishment of a unified national state, the solution of the so-called *"soziale Frage"* and the democratization of the remaining feudal and absolutist political structures. Scientists too formed part of this intellectual opposition. One might recall here in passing the stand taken by the physicist Wilhelm Weber, one of the famous *Göttinger Sieben* , against the suspension of the constitution in Hannover in 1837.

Another manifestation of this spirit of intellectual opposition can be seen in the foundation of the *Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte* in Leipzig in 1822 by the zoologist Lorenz Oken and other radical thinkers. The establishment of this Association of physicians and scientists was understood not just as an initiative for promoting science but also as a political act. In the face of continuing division - Germany, it will be remembered, still consisted in the post-Napoleonic era of more than thirty independent states - it was hoped that the annual meetings of the society in different states would contribute to the spirit of a unified nation. Thus free discussion of scientific topics by researchers from the various states was conceived as the anticipation of political freedom and national unity. Up to the year 1871 the "national question" was a continuing underlying theme of the annual meetings of the Association.

The radical position adopted by many scientists can also be seen in relation to the so-called "*soziale Frage*". On this question, the intellectual opposition took the form of alienation towards existing conditions and a desire for societal change. Here a convergence of the sociopolitical interests of the scientists and of the bourgeois and petty bourgeois classes, from which the majority of scientist came, is clearly in evidence. In other words, the liberal-democratic position of many scientists was simply a reflection of the hopes and aspirations of their social class.

Besides their general social background, specific professional interests also contributed to the outlook of many scientists. The conditions for scientific research at the universities was most unsatisfactory, due in part to the excessive strength of the philosophical faculties following the neo-humanistic university reform but also due to the inadequate funding and support of scientific research. These factors combined with the territorial divisions and the lack of a metropolis, like London or Paris, impeded the general intellectual exchange. Thus the scientist's desire and striving for a modernization of the in many respects underdeveloped German states reflected both general sociopolitical class interests and specific professional interests.

To illustrate the points made here, I would like to look more closely at the scientific and political activities and outlook of just one individual, namely the physician Rudolf Virchow (1821 - 1902). I have selected Virchow because we may easily connect him with Heinrich Hertz whose attitudes and outlook he might have influenced. Thus, for example, the 19 year old Hertz recalls, in a letter to his parents on 24 May 1876, having read the popular scientific lectures of Virchow at the parental home in Hamburg (Hertz, Johanna Ed. 1977) . Thirteen years later (on 26 September 1889) Hertz, then at the height of his fame, was once again to refer, now in somewhat scathing terms, to the parliamentary eloquence of the politician Virchow having experienced him at the Heidelberg meeting of the *Naturforscherversammlung*.

In writings from the year 1848, in which he connects science and politics and refers directly to both the "social question" and the "national question", Virchow rejects the idea of an apolitical "pure science" and formulated the postulate of the unity of science and politics, in the words (Bayertz 1987): "Die Medicin ist eine sociale Wissenschaft, und die Politik ist weiter nichts als Meicin im Grossen".

Likewise in relation to the reorganization of the political structures Virchow adopts a similarly radical position. Just as in the case of his attitude to the social question, his call for a democratic republic was understood not just as a private opinion but rather as a necessary consequence of his science. Once again his standpoint is formulated in a famous statement: "Als Naturforscher kann ich nur Republikaner sein, denn die Verwirklichung der Forderungen, welche die Naturgesetze bedingen, welche aus der Natur des Menschen hervorgehen, ist nur in der republikanischen Staatsform wirklich ausführbar".

In the political circumstances of the year 1848 Virchow's statement, that "as a scientist he could only be a republican", represented a radical position indeed and was tantamount to saying that science was a ferment of revolution. Virchow, who took a revolutionary stand in both word and deed, was in fact but one of a number of scientists who participated in the 1848 revolution. Such a radical position was of course more the exception than the rule and most scientists adopted rather a moderate position both in scientific and political outlook. While many undoubtedly sympathized with progressive bourgeois ideas and with the objectives of the 1848 revolution they rejected revolutionary upheavals with radical methods.

With the failure then of the revolution the German Bourgeoisie abandoned its hopes of realizing its aspirations in the short term. Instead the efforts of this social class were concentrated on further industrialization with the expectation that the objectives of national unity and political freedom might in spite of all be achieved in the long-term. Scientific aspirations too became less radical and the orientation was now more towards long-term and evolutionary change.

In the event, the general sociopolitical aspirations of the German bourgeoisie were, notwithstanding their restricted political power, moderated in the 1850's and 1860's by successes in other areas. In these decades rates of economic growth in Germany, and especially in Prussia, had increased dramatically. With the transition to a modern industrial society the interests of the Bourgeoisie were accommodated to a large measure in one of its most important areas of

activity. Furthermore, through the increased industrialization, Germany advanced from a conglomerate of backward states to a major industrial nation and achieved accordingly a standing alongside the most developed European countries.

An additional source of satisfaction for the German bourgeoisie was the course of political and military events that brought about German unification and the foundation of the Empire. Following the victory of Prussia over Austria in 1866, its annexation of large territories and the foundation of the North-German League the way was clear for unification under Prussian leadership, a process that was completed with the foundation of the Empire in 1871.

From the this point in time, if not earlier, a process of transformation of the political outlook of German scientists took place. Even relatively radical thinkers now adjusted their opinions and outlook to the changed circumstances. Thus, for example, Virchow addressing the *Naturforscherversammlung* in Rostock shortly after the foundation of the Empire in 1871, calls for an intellectual unification to follow the political unification on the basis of science. Such a demand for intellectual unification of the nation on the basis of scientific rationality had for decades been part of the programme of the physicians and scientists. However, whereas early in the century this demand had been directed against the status quo in the German states, it now conformed with the new orientation following German unification under Prussian leadership.

The transformation in outlook of scientists such as Virchow represents more than just a subjective reorientation. It reflected both the changed situation in German society as a whole as in the standing of science within the society. The sciences were no longer outside the established political order but formed to a large extent part of that new political order. Furthermore, an important part of the material and professional objectives, for which the scientists had had to fight in the decades before, were now realised. Scientists therefore found themselves in the 1870's for the first time in a position where they had something to loose. Opposition turned under these circumstances to support for the state.

Accordingly, during the 1870's the direction of the political argumentation of the scientists changed. And so, we find for example Virchow, at the 1879 meeting of the *Naturforscherversammlung* in Munich, warning his colleagues against excessive reform demands. In opposing the call of the biologist Ernst Haeckel for the introduction of Darwin's theory of evolution in school curricula, Virchow pleads for moderation, for the sacrificing of personal opinions and fancies and warns against activities that might endanger what he terms the favourable mood in the country ("die günstige Stimmung der Nation"): "Daß wir für uns jetzt nicht mehr zu fordern haben, sondern dass wir vielmehr an dem Punkte angekommen sind, wo wir uns die besondere Aufgabe stellen müssen, durch unsere Mässigung, durch einen gewissen Verzicht auf Liebhabereien und persönliche Meinungen möglich zu machen, dass die günstige Stimmung der Nation, die wir besitzen, nicht umschlage!"

The fear of losing newly gained and hard-fought privileges, here so clearly expressed by Virchow and undoubtedly shared by many others, must also be viewed in terms of a new internal political situation that began to emerge from the 1860's onwards. In this decade differences within the democratic front had become more pronounced. Whereas the bourgeoisie came more and more to terms with existing power structures, the working-class movement became organizationally and politically an independent force that now agitated against both the aristocracy and the bourgeoisie. The "social question" had thus taken on dangerous dimensions for the middle-classes from which the scientists for the most part came.

The rapidly growing social democratic movement was becoming by the 1870's a major source of concern in established circles. It was hardly surprising therefore that Virchow, in his 1879 speech against Haeckel and the theory of evolution, should have drawn attention to the rise of the working-class movement and to its sympathies for the theory of evolution. Such an alliance between socialism and Darwinism represented for Virchow

a danger that could in the future lead to events similar to the Paris Commune. Thus, for Virchow like many other scientists, the emergence of the working-class and social democratic movements was a major concern that also overshadowed their work as scientists.

To sum up then, we may say that the transformation in the political outlook of many German scientists in the 19th century, here exemplified in the case of Rudolf Virchow, was not just the result of a subjective change of outlook but reflected rather the changing sociopolitical context of their work. It is nevertheless difficult to generalize the attitudes and behaviour of Virchow and kindred spirits to the whole of the community of scientists. In the first place, not all scientists were as committed and politically motivated as Virchow. Furthermore, the medical and life sciences had a much stronger sociopolitical dimension than did, for example, mathematics and physics. The discussion concerning the introduction of Darwin's theory of evolution obviously had greater and more far-reaching consequences than did, for example, the debate concerning the validity of the rival electrodynamical theories of Weber and Maxwell.

For the younger generation of scientists - Hertz, for example, was 14 at the time of the foundation of the Empire in 1871 - the course of political events may indeed have been considerably less traumatic than for the former generation that had experienced the transition from the almost feudal conditions in the German states before 1848 to the changed sociopolitical and material circumstances of the Empire after 1871.

<u>Hertz's outlook on life, society and science</u>

What now can be said about the general outlook of Heinrich Hertz on life and society? This would undoubtedly have been in accordance with that of the social class - the relatively well-to-do educated middle class - from which he emerged. Utterances in his published letters to both the "national question" and the "social question" are virtually non-existent. He read the popular lectures of Virchow and he attended the lectures of the historian Heinrich von Treitschke on socialism in Berlin in 1879 but passed no further comment (Hertz, Johanna Ed. 1977). At all events, there is little evidence of an involvement in any political direction. His interest in socialism and related questions was largely academic. He did regular military service and never questioned the status-quo in the German Empire.

And what about Hertz's understanding of the development of the exact sciences in Germany before and after unification? One indicator may be the sketch he gave as part of a tribute to von Helmholtz, marking the latter's 70th birthday in 1891, in the *Münchener Allgemeinen Zeitung* (Lenard Ed., 1895). Hertz explains in this article that in the early 19th century the exact sciences were cultivated with energy by men such as Alexander von Humboldt and Carl Friedrich Gauß. However, due to the negative influences of the romantic *Naturphilosophie*, Germany lost ground in relation to Britain and France. "Der nüchtern auf dem Wege des Versuches vorschreitenden Forschung fehlte bis gegen die Mitte des Jahrhunderts Reichtum und Glanz des internationalen Erfolges... der große Erfolg wurde von Paris und London erwartet; dorthin reiste der junge Naturforscher, um Gelehrte von Weltruf zu sehen".

In Hertz's eyes it was the generation of von Helmholtz whose aspirations, both in science and politics, were first to be realised and who experienced the great upturn in the international standing of German science: "Das Geschlecht der Männer, welche jetzt an der Schwelle des Alters stehen, hat in Deutschland eine selten glückliche und erfolgreiche Zeit erst heraufgeführt und dann durchlebt. Nicht bloß auf politischem Gebiete sah es erreichte Ziele, verwirklichte Wünsche, auch in den meisten Künsten des Friedens war es Zeuge eines gewaltigen Aufschwunges und sah unser Volk in die Reihe der ersten Völker eintreten, nicht mehr allein nach der Selbstschätzung, sondern auch nach dem Zugeständnisse der andern."

Of course it was von Helmholtz who, in Hertz's view, was the most outstanding figure of this generation and the first representative of German science: "Der größte unter ihnen allen, der berufene Vertreter dieses Geschlectes des Aufschwunges und des

selbsterworbenen Ruhmes, der erste Naturforscher Deutschlands, Hermann v. Helmholtz, feiert heute seinen siebzigsten Geburtstag,..". Hertz's official opinion, as expressed in this newspaper article of 1891, was therefore in accordance with the mood of German science at the time and essentially patriotic

The career of Heinrich Hertz

What now remains to be said of the career development of Heinrich Hertz in the light of all this?

Hertz set out (Hertz, Johanna Ed. 1977), in the first decade of the Empire, on a course of peripatetic studies, as was common-place and traditional among young men from relatively wealthy middle-class families in Germany, and benefited from the academic freedom and mobility offered by the German university system. He first embarked on engineering studies at the Polytechnica, the *technischen Hochschulen*, in Dresden and Munich but was soon attracted to mathematics, science and philosophy. In Dresden he studied under the mathematician, and later Helmholtz biographer, Leo Königsberger, and developed a strong interest in philosophy, the history of philosophy and science.

In Munich he turned to the physics professor at the university Philipp von Jolly on whose advice he undertook further studies in mathematics, mechanics and especially in history of mathematics, reading the works of the famous French polytechnicians Lagrange, Laplace and Poisson, but also of Newton and Leibniz. He recalls in his letters going through the volumes of the *Acta Eruditorum* from 1682 onwards where the first papers on the Leibnizian calculus appeared. Under the physics professor, Wilhelm von Bezold, his interests gradually turned to physics and in the summer of 1878 he resolved to leave Munich to study physics under either Clausius in Bonn or Helmholtz and Kirchhoff in Berlin. As we know his final decision then was taken in favour of the latter pair.

In Berlin he attended the classes of Kirchhoff and of the mathematician C. W. Borchardt and he undertook for the first time independent research in the laboratory under the supervision of Helmholtz. In the next two years he completed his studies, and following examination by Helmholtz, Kirchhoff, the philosopher Eduard Zeller and the mathematician E. E. Kummer, obtained his doctorate with the distinction *Magna cum laude* early in 1880.

Early research and the Berlin Academy Problem

By this time he had completed two important papers and had commenced work on a problem that represents the starting point for his subsequent researches on the foundations of electrodynamics out of which the series of experiments, carried out in Karlsruhe between 1885 and 1889, verifying the finite velocity of electromagnetic wave radiation, were to develop. The problem in question, to establish a connection between dielectric polarisation of insulators and the supposed accompanying electrodynamical actions, was a key question in deciding between Maxwell's and the rival electrodynamical theories. The problem, for the solution of which the Academy of Sciences had offered a prize, was however to prove insoluble for the time being. The paper in which Hertz described his approach to the problem in question has not yet been published in its entirety. For this reason the full text of Hertz's introduction, in which he outlined the experiments he had conceived, is given here.

Hertz's main idea in this essay was to produce dielectric polarisations either by electrostatic means or by electromagnetic induction. His only suggestion for the detection of electrodynamical effects, associated with the dielectric polarisation, was to use a sensitive electrometer. The paper contains, however, a number of elements which Hertz was to further explore in his work at Karlsruhe, such as the production of oscillations in an unclosed coil and the connection of a capacitor across the ends of such a coil. The text of the introduction is as follows (O'Hara 1987):

Nachweis Elektrodynamischer Wirkungen in Dielectricität.

Aug - October 79

Heinr. Hertz.

In folgendem habe ich eine Reihe von Versuchen zusammengestellt, durch welche sich möglicherweise der elektrodynamische Einfluß

dielektrischer Bewegungen nachweisen läßt. Die Berechnung derselben stützt sich überall auf die im 72sten Bande von Borchardts Journal [=Journal für die reine und angewandte Mathematik] gegebenen Formeln und Anschauungen. Einige Rechnungen, welche sich an die Berechnung der Versuche anschlossen, habe ich hinzugefügt.

1. Zunächst muß ein Zwischen den Leitern ausgebreitetes Dielektrikum auf die Bewegungen in denselben zurückwirken. Die Anziehungen constanter Ströme werden durch ein dielektrisches Zwischenmittel nicht geändert, ebensowenig die Integralstärke der Inductionsströme und Extracurrents. Dagegen wird der Ablauf der Inductionsströme abgeändert und im Allgemeinen verzögert werden. Diese Abänderungen lassen sich nicht auf die Änderungen einer Constanten in den Bewegungsgleichungen zurückführen und ihre Beobachtung würde daher einen Aufschluß über das Verhalten des leeren Raumes geben können. Am ehesten ließe sich der Einfluß eines Dielektrikums auf die Schwingungsdauer einer ungeschlossenen Inductionsspirale beobachte. Herr Schiller hat derartige Versuche angestellt, jedoch mit negativem Resultat. In der That zeigt auch die Rechnung, daß diese Wirkungen nicht mehr zu beobachten sind.

2. Es können durch elektrostatischen Einfluße dielektrische Polarisationen hervorgerufen werden und die elektrodynamischen Einflüsse des Entstehens und Vergehens derselben beobachtet werden. Da das Entstehen einer einzelnen Polarisation nur einen verschwindend kleinen Strom repräsentirt, so empfehlen sich auch hier oscillirende Ladungen. Verbindet man die Enden einer ungeschlossenen Induktionsspirale mit einem Condensator und hängt zwischen den Platten desselben einen dielektrischen Körper auf, so wird derselbe bei Hervorrufung von Oscillationen in dem selben Rythmus polarisirt werden in welchem der Strom in der Spirale schwankt. Besteht also zwischen ihm und dem Strome überhaupt eine Wirkung, so werden sich alle derartigen Wirkungen summieren. Dabei repräsentirt der dielektrische Körper ein Stromelement. Eine etwas stärkere, qualitativ aber ganz ähnliche Wirkung wird erhalten, wenn ein Leiter zwischen den Condensatorplatten aufgehängt ist. Sind diese Wirkungen von meßbarer Stärke, so erlauben sie eine Entscheidung über die Gültigkeit des Potentialgesetzes für Stromelemente. Die Rechnungen sind auf Seite... durchgeführt. Sie zeigen, daß beobachtbare Wirkungen der Theorie nach möglich sind, daß aber die letzte Entscheidung dem Versuch anheimgestellt werden muß.
Für eine Größe, die bei diesen Versuchen von Wichtigkeit ist, für die Capacität einer Inductionsspirale habe ich auf S.. einen angenäherten Werth berechnet.

3. Es kann die Polarisation durch Insuctionskräfte hervorgerufen werden. Wird in eine Inductionsspirale ein Cylinder aus dielektrischem Material eingeschoben, so ruft jede Intensitätsänderung eine Polarisation senkrecht zu den Radien hervor. Dieselbe könnte am ehesten auf elektrostatischem Wege nachgewiesen werden durch Nachweis der Kraft, welche in einer schmalen radialen Spalte des Cylinders auftritt. Die Rechnung ist auf Seite ... durchgeführt. Sie lehrt, daß diese Wirkungen unterhalb der Grenze der Beobachtung liegen. Im Anschluß hieran habe ich den Ablauf der elektrischen Bewegung in einem massiven leitenden Cylinder berechnet, der sich im Inneren einer Inductionsspirale befindet. Dieser Fall läßt sich vollständig integriren, auch dann, wenn der Cylinder magnetisch ist. Eine andere Methode, durch Inductionswirkung eine Polarisation in dielektrischen Medien hervorzurufen, ist die Bewegung derselben im magnetischen Felde. Insbesondere wird eine constante Rotation eines Rotationskörpers um seine Axe eine im Raume stehende Polarisation zur Folge haben, ein solcher Körper also eine scheinbare Ladung erhalten. Umgekehrt wird auch ein im dielektrischen Medien rotirender Magnet, (z.B. die Erde) eine Ladung erhalten. Beispiele sind auf Seite ... durchgeführt. Ich konnte dabei sowohl die von Herrn Jochmann im 63sten Bande des Crelleschen Journals gegebenen Formeln, als auch die vollständigeren im 78sten Bande gegebenen in Anwendung bringen. Die Glieder, welche in den letzteren hinzutreten führen nach meiner Rechnung zu Wirkungen, welche wohl unmöglich richtig sein können. Vielleicht hat nur eine falsche Anwendung der Formeln zu diesen Schwierigkeiten geführt. Die Anwendung der Rechnung auf einen zum Experiment geeigneten Fall zeigt, daß unter Anwendung kräftiger Elektromagnete sehr schnell rotirender Scheiben und empfindlicher

Elektrometer meßbare Wirkungen erziehlt werden können. Da übrigens bei diesen Versuchen schnelle Bewegungen unumgänglich sind, so fragt es sich, ob die dabei entwickelte Reibungselektricität nicht jede genaue Messung unmöglich macht.
Ich gehe jetzt zur Berechnung der einzelnen Versuche über.

The full text of this essay, together with the mathematical work referred to, is being prepared for publication by the author of the present article.

Assistant, lecturer, professor

Hertz was soon recognised as one of the outstanding talents of the Helmholtz school and was offered a salaried assistantship which he held from the autumn of 1880. He now came into contact with the leading scientists and industrialists in Berlin including, besides Helmholtz and Kirchhoff, Du Bois-Reymond, Weierstraß and Werner Siemens. Under the wing of Helmholtz, he was likewise able to enjoy a taste of society life in Berlin, attending occasionally soirées and similar social gatherings.

His scientific work was of course paramount and he attended the meetings of the Physical Society where he regularly read papers himself. Among the community of physicists in Berlin, Hertz had the feeling of being very much at the centre of things. The Helmholtz school enjoyed an international reputation and Hertz frequently met foreign scholars, including for example the English physicist Oliver Lodge who was later to work on the propagation of electromagnetic waves and with whom he was to correspond.

All in all, the period of Hertz's assistantship in Berlin - until the spring of 1883 - was an extremely productive one. During this time he published a range of papers (Lenard Ed. 1895)on such topics as the distribution of electricity over the surface of moving conductors, on the upper limit for the kinetic energy of electricity in motion, on the contact of elastic solids and on hardness, on the evaporation of liquids in vacuo and on the pressure of saturated mercury-vapour, on tidal action, on instruments such as hygrometer and hot-wire ammeter and on cathode ray discharges; these papers contained a series of important results, e.g. on engineering structures and on cathode rays, which set him apart as one of the best emerging talents in German physics.

Early in 1883 Hertz learned from Kirchhoff and Weierstraß of a vacant lectureship in mathematical physics at University of Kiel. He therefore decided, after considerable deliberation, to submit a *Habilitationsschrift* at Kiel and therefore qualify as an academic lecturer or *Privatdozent* there. This was not yet a tenured position though the prospect of obtaining a professorship in Kiel was not ruled out. In moving to Kiel he relinquished the generous working conditions he had enjoyed in Berlin including laboratory working space, apparatus and books. With the exception of the physicist Gustav Karsten, the members of the faculty at Kiel were much less distinguished than in Berlin. Though Karsten, like Helmholtz, was a product of the earlier school of Johannes Müller, he now stood in opposition to the Helmholtz school. Hertz's association with Karsten was cordial but never close.

In all Hertz remained only two years in Kiel from the spring of 1883 and in this period his experimental researches came to a standstill. His most important work during his stay there was a major theoretical paper, completed in the spring and early summer of 1884, dealing with the fundamental equations of Maxwell's theory in relation to those of the rival electrodynamic theories, a work in which he endorsed the equations of Maxwell's theory but not the fundamental conceptions and assumptions on which it was based. In this work the ground was prepared for his subsequent researches at Karlsruhe and Bonn in which Maxwell's theory was verified in all its essential conceptions and in the course of which he proved the finite propagation of electromagnetic wave radiation.

In Kiel Hertz sadly missed the excellent opportunities for undertaking experimental investigations that he had enjoyed in Berlin and this was a source of dissatisfaction for him at the end of 1884. However, (if a phrase may be borrowed from William Shakespeare) the "winter of discontent was made summer" when, on the evening of 20 December, he received a

letter offering him the chair of physics at the *Technische Hochschule* in Karlsruhe. There followed a trip to Berlin, for consultations with Helmholtz, Kirchhoff and the senior civil servant Friedrich Althoff, one of the architects of Prussian science policy in the Wilhelmenian period, and then to Karlsruhe for further consultations and to view the laboratory. He finally accepted on the evening of December 29.

Hertz at the peak of his career and fame

Heinrich Hertz's electrodynamical researches (Hertz 1892) at Karlsruhe (1885 - 1889) and in Bonn (1889 - 1890), in the course of which he successfully solved the Berlin Academy problem of 1879, discovered the photo-electric effect, verified the finite velocity of propagation of electromagnetic wave propagation and established electrodynamics on firm foundations of the Maxwellian theory, are well documented, for example in publications marking the Centennial of Hertz's discoveries (Bryant 1988; Levy *et al.* 1988), and it is not intended to deal with them here. From the viewpoint of his general career development it may be sufficient to say that in the course of the four years at Karlsruhe Hertz was to become one of Germany's most eminent physicists and that he achieved an outstanding and lasting international reputation. Evidence of this is to be seen in his correspondence with foreign scientists, part of which the writer has had the pleasure of editing and publishing (O'Hara 1987) and it is proposed therefore to introduce a few brief extract here.

One of the first scientists abroad to realise the importance of Hertz's verification of the finite velocity of propagation of electromagnetic wave radiation was the Irish physicist George Francis FitzGerald. FitzGerald was one of a group of British and Irish physicists who had developed Maxwell's theory in its various consequences and who were seeking its verification. The other principal figures were Oliver Heaviside and Oliver Lodge. Thus FitzGerald writes to Hertz on 8 June 1888: "I saw the other day that Prof. von Helmholtz announced your splendid verification of Maxwell's theory that electromagnetic disturbances are propagated with the velocity of light. You have been so kind as to send me copies of some of your former papers, for which I now thank you as I ought to have done before. Would it be too much to ask you to send me a copy of your paper describing how you have verified Maxwell's Theory? I consider that no more important experiment has been made this century. It is quite on a level with Foucault's experimentum crucis between the wave theory and the emission theory of light. Your experiment will oe called 'Hertz's classical experiment that decided between theories of electrodynamic action at a distance and by means of the ether'".

FitzGerald then found himself in the happy position of being able to make a public announcement of Hertz's results in an inaugural address he gave early in September to the British Association for the Advancement of Science at Bath. Having read a report on FitzGerald's speech, Hertz wrote to him on 23 September. The following is an extract from this letter in which Hertz touches on the prejudice in Germany against the Maxwellian theory that had yet to be overcome. His remark concerns the polemic and debate against the fundamental concepts of Weber's electrodynamics that had been launched by Helmholtz but had not yet, even after the announcement of Hertz's experimental results, been finally settled:

"Ich sage Ihnen meinen allerbesten Dank für die gütige und edelmüthige Anerkennung, welche Sie meinen einfachen Versuchen gespendet haben. Ich hatte kaum gehofft, dass dieselben so viel Lob finden würden, besonders nicht in England, von wo diese Vorstellungen zuerst ausgegangen sind und wo in der That schon seit Jahren Jedermann von der Richtigkeit derselben überzeugt ist. Ich fürchtete, man würde dort sagen: Dies sind bekannte Dinge. Mit Freuden sehe ich, dass ich mich getäuscht habe und Sie werden mir wohl glauben, dass ich mich geehrt fühlte, an so hervorragender Stelle und in solcher Weise erwähnt zu werden. Bei uns in Deutschland war es viel nöthiger, für die Faraday'schen Anschauungen Beweise zu finden, weil noch sehr viele Gelehrte von den ältern Vorstellungen durchaus nicht loskommen können; auch zweifle ich, ob wirklich nun schon die Ausdrucksweise der ältern Theorie verschwinden wird; ich glaube, sie wird in den Lehrbüchern noch lange beibehalten werden..."

A year after FitzGerald's announcement at Bath, in September 1889, it was the turn of the German colleagues to applaud Hertz's achievements when he addressed the *Naturforscherversammlung* in Heidelberg. Here he met such distinguished guests as Thomas Alva Edison, Werner (now von) Siemens and Rudolf Virchow and some of the most outstanding German physicists and mathematicians of the day, many of whom he had encountered in the course of his career, such von Helmholtz, of course, Königsberger, August Kundt, Friedrich Kohlrausch and Gustav Wiedemann. "Es schmeichelte mir doch, daß die Ältern und Namhaften mich immer in ihre Nähe zogen", he wrote to his parents.

It is not the intention here to recall here all the honours and distinctions received by Hertz from at home and abroad. I will close with a brief statement from FitzGerald that reflects something of his international standing about the time he left Karlsruhe. Perhaps the most renowned German physicist of the time, after Helmholtz, was Rudolf Clausius. Early in December 1888 Hertz accepted the chair of physics in Bonn as successor of Clausius. In a letter to Hertz, on the 8 February 1889, FitzGerald writes: "I hope I may have the opportunity of seeing you in Bonn where I presume you succeed the illustrious Clausius. He is indeed a predecessor whom none could eclipse but whom your brilliant work already approaches in magnificence."

References

Bayertz, Kurt: "Siege der Freiheit, welche die Menschen durch die Erforschung des Grundes der Dinge errangen". Wandlungen im politischen Selbstverständnis deutscher Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte, Band 10 (3), September 1987, p. 169 - 183.

Bryant, John H.: Heinrich Hertz. The Beginning of Microwaves. IEEE Catalog No. 88TH0221 - 2, 1988.

Klein, Felix: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert. Berlin 1926 & 1927. Reprint Berlin, Heidelberg, New York, 1979. Vol. 1, p. 221 - 23.

Hermann, Armin: Wissenschaftspolitik und Entwicklung der Physik im Deutschen Kaiserreich, in Mann, Gunter & Winau, Rolf (eds): Medizin, Naturwissenschaft, Technik und das Zweite Kaiserreich. Göttingen, 1977, p. 52 - 63.

Hertz, Heinrich: Untersuchungen ueber die Ausbreitung der Elektrischen Kraft. Leipzig, 1892.

Lenard, Philipp (Ed.): Schriften Vermischten Inhalts von Heinrich Hertz. Leipzig, 1895.

Hertz, Johanna (Ed.): Heinrich Hertz: Erinnerungen . Briefe . Tagebücher / Memoirs . Letters . Diaries. Arranged by Johanna Hertz. Second enlarged edition prepared by Mathilde Hertz and Charles Susskind. Weinheim & San Francisco, 1977.

Levy, Ralph *et al.*: IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 36(5), May 1988, p. 801 - 858.

Manegold, Karl-Heinz: Universität, Technische Hochschule und Industrie. Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins. Schriften zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte, vol. 16, Berlin, 1970.

O'Hara, J.G. & Pricha, W.: Hertz and the Maxwellians. A Study and Documentation of the Discovery of Electromagnetic Wave Radiation, 1873 - 1894. London, 1987.

O'Hara, James G.: The Career of Heinrich Hertz and the State of the Exact Sciences in Imperial Germany, in Wiesbeck, Werner (ed.): HEINRICH HERTZ SYMPOSIUM "100 Jahre Elektromagnetische Wellen". Offenbach, 1988, p. 44 - 63.

Voordracht gehouden tijdens de 361e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(360ste werkvergadering)

UITNODIGING

voor een werkbezoek op **donderdag 9 juni 1988** aan het **PTT Telematica Laboratorium Europapaviljoen zaal B 105, Winschoterdiep oz 46 te Groningen.**

PROGRAMMA

10.30 uur Ontvangst met koffie.

11.00 uur **IR. J. T. A. NEESSEN,**
Inleiding: taak werkvelden en opbouw van het PTT Telematica Laboratorium.

11.30 uur Koffie.

11.45 uur **IR. J. M. G. A. OUDERLING,**
Toepassing van internationale standaarden: conformiteitstest.

12.15 uur **DRS. F. G. T. POTTJEGORT,**
Interactie tussen gebruikers en systemen.

12.45 uur Lunch, aangeboden door PTT.

14.00 uur Demonstraties m.b.t.:
- kantoorautomatisering;
- de koppeling van een intern netwerk met de PTT berichtendienst;
- netwerkmanagement.

15.30 uur Afsluiting.

Aanmelding voor het werkbezoek dient te geschieden vóór 25 mei door middel van de aangehechte kaart **gefrankeerd** met **55 cent.** Het aantal deelnemers is **beperkt** tot **50.** Tijdstip van ontvangst van de aanmelding is beslissend voor deelname. Deelnemers krijgen een schriftelijke bevestiging. Tevens wordt er vooraf documentatie materiaal toegezonden.

Namens het NERG bestuur.
Dr. ir. A. J. VINCK. Programma commissaris.
Tel. 040-473672

Eindhoven, mei 1988.

HERTZE GOLVEN

Prof.Ir. L. Krul
Technische Universiteit Delft
Faculteit der Elektrotechniek
Vakgroep Telecommunicatie- en Tele-observatietechnologie

Hertzian waves are composed of series of waves with rapidly decreasing amplitudes, each wave being generated by one specific spark. Although such waves, when used for practical applications, have serious limitations a number of interesting demonstrations and experiments of a fundamental nature have turned out to be possible. The famous wave experiments performed by Hertz in the period 1886-1888 had follow-ups in two different areas: microwave optics and radiotelegraphy.

1. Inleiding

Het is een diep gewortelde traditie om de informatietransmissie onder te verdelen in lijn- of kabeltransmissie enerzijds en radiotransmissie anderzijds. Een term als draadloze transmissie zet zich duidelijk af tegen de transmissie langs een draad of lijn en wijst misschien zelfs in de richting van een competitie tussen beide transmissievormen. Even traditioneel als het op deze wijze onderverdelen van de informatietransmissie is het om de naam van Hertz, dankzij een aantal door hem uitgevoerde experimenten, in verband te brengen met de komst van de radio.

Ook dit opstel over "Hertze golven" sluit bij deze traditie aan, waarbij we echter niet onvermeld willen laten dat Hertz zich ook met onderwerpen uit de lijntransmissie heeft beziggehouden. Zo bepaalde hij de snelheid waarmee de door hem opgewekte golven zich voortplantten langs een transmissielijn bestaande uit een, boven een grondvlak gespannen, geleidende draad en bestudeerde hij het "skin"-effect m.b.v. een coaxiaal geleiderstelsel (Hertz, 1889).

Door het gebruik van een vonkbrug als generator (zie par. 2) bestaat een "Hertze golf" in feite uit, elkaar in de tijd opvolgende, gedempte golftreintjes. Het gemiddeld uitgezonden vermogen is daarbij evenredig met het aantal vonken per seconde. Het typische karakter van de Hertze golven houdt voor de praktische toepassing belangrijke beperkingen in, voornamelijk terug te voeren tot de eigenschappen van het opgewekte frequentiespectrum. De door Hertz in de periode 1886-1888 uitgevoerde experimenten (par. 2) kregen een directe follow-up in de microgolfoptica (par. 3) en de radiocommunicatie (par. 4).

Aan het tijdperk van de Hertze golven komt een einde als blijkt dat de door Lee de Forest in 1906 uitgevonden triodebuis gebruikt kan worden voor de opwekking van continue elektromagnetische golven. Met name voor de radiocommunicatie betekent dit een wezenlijke uitbreiding van de mogelijkheden, die in deze bijdrage echter buiten beschouwing blijft.

2. De experimenten van Hertz

Aan het opwekken van golven gaat het bouwen van een generator vooraf. Dankzij het werk van een aantal eerdere onderzoekers, waaronder bekende namen als Kirchhof, Lorentz en Helmholtz, was reeds bekend dat de vonk, die ontstaat bij het ontladen van een Leidse fles of bij het onderbreken van de door een spoel lopende stroom, een oscillerend karakter heeft. De periodeduur van de oscillaties was bij een spoel in de orde van 10^{-4} s en bij een Leidse fles in de orde van 10^{-6} s.

Bij zijn komst in Karlsruhe in 1886 trof Hertz daar als onderdeel van de laboratoriumuitrusting ook een set zogenaamde Knochenhauer-spoelen aan. Dit zijn twee evenwijdig opgestelde vlakke spoelen zonder ijzer. Aan de vier uiteinden bevinden zich metalen bolletjes. Het afschakelen van een eerder aangebrachte batterij bij één van de spoelen zal de vonkbrug in de andere spoel doen overslaan.

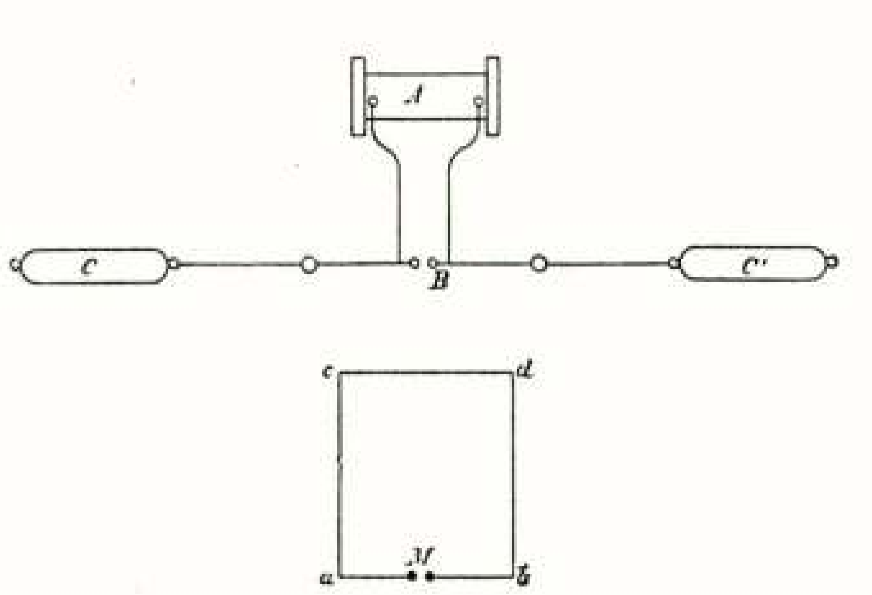


Fig. 1: Vonkbrugoscillator van Hertz met detectielus

Na een aantal experimenten komt Hertz tot een opstelling (fig. 1) waarin één van de Knochenhauer spoelen is vervangen door een gestrekte draad met een vonkbrug B in het midden. De Ruhmkorff inductor A (waarvan het primaire circuit met onderbreker niet is getekend) zorgt voor een continue reeks vonken over B. De gestrekte draad, die de spoel vervangt, moet de periodeduur van de vonkbrugoscillaties zo klein mogelijk

maken, hetgeen nodig is om te komen tot binnenshuis bruikbare golflengten. De verdikkingen aan de uiteinden vormen de afstemcapaciteit. De introductie van wat wij thans een dipool noemen, moet worden gezien als een bijzonder gelukkige greep. Zonder een dergelijke "open trillingskring" zou het uitgestraalde vermogen onvoldoende zijn geweest om de latere experimenten met succes te doen verlopen (Hertz, 1887).

De aangestoten "open trillingskring" bleek nevenvonken te kunnen induceren in een rechthoekige winding waarin een vonkbrug M met variabele opening was opgenomen. Op deze wijze ontstond niet alleen een detectiemogelijkheid, maar kon tevens door variatie van de vonkbrugopening een globale veldsterktemeting worden uitgevoerd. In een opstelling waarbij de minimum afstand tussen de gestrekte draad en de detector 50 cm bedroeg, bleek nog een vonk van 2 mm mogelijk!

Door verandering van de omtrek en/of de geometrie van de detectorlus kon Hertz met de opstelling uit fig. 1 op overtuigende wijze het resonantiefenomeen demonstreren (fig. 2). De luslengten bij resonantie geven een indicatie voor de opgewekte golflengte, deze moet ongeveer 8 m hebben bedragen.

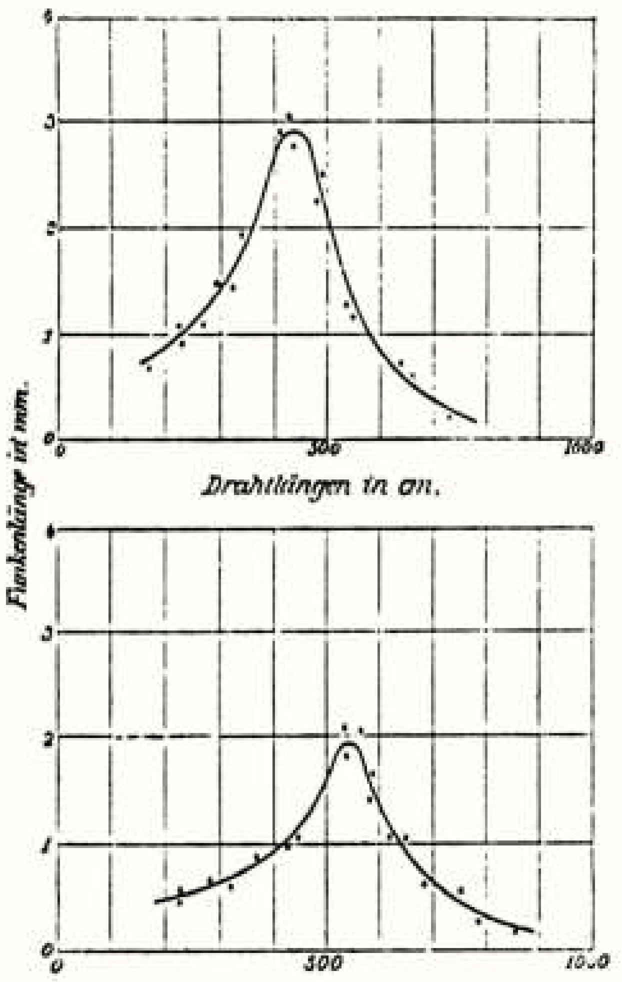


Fig. 2: Resonantie-effecten bij verandering van lengte en vorm van de detectielus

In verband met het nog volgende moet ook nog vermeld worden dat Hertz op een bepaald moment de lusdetector met succes heeft vervangen door een dipoolconfiguratie van het, ook reeds aan de generatorzijde, aanwezige type. Zoals zal blijken, heeft ook het hierdoor verkregen inzicht in belangrijke mate bijgedragen tot het succesvolle verloop van de zo bekend geworden golfvoortplantingsexperimenten.

De gevoeligheid van de door Hertz gebruikte lusdetector liet veel te wensen over, waardoor alleen op betrekkelijk korte afstand van de generator een respons werd verkregen. Een eerste poging om de opstelling op dit punt te verbeteren bestond daaruit, dat Hertz probeerde het uitgezonden vermogen te bundelen door de zendende dipoolantenne te plaatsen op de focale lijn van een, als spiegel gebruikte, cilindrische parabool. Toen succes uitbleef, concludeerde Hertz terecht dat de gebruikte golflengte blijkbaar te groot was in verhouding tot de spiegel om enige bundeling van betekenis tot stand te brengen. Verbetering vroeg derhalve om verkleining van de golflengte, waartoe de lengte van de dipool tot 26 cm werd gereduceerd. Deze dipool werd aangebracht op de brandpuntslijn van een parabolische reflector met een apertuur van 1,2 x 2 m^2 en een diepte van 70 cm (fig. 3). De detector werd aangepast en kreeg de vorm van een cirkel met 7,5 cm middellijn, terwijl de vonkbrug werd uitgerust met een bolvormig en een puntvormig contact. Vonkjes met een lengte van een fractie van een millimeter waren zo nog waarneembaar en mede dankzij de bundelende werking van de parabolische spiegel bleek het mogelijk nog een signaal te detecteren op 5 - 6 m afstand, gemeten in de richting van de optische as van de spiegel. Door een op afstand, evenwijdig aan het apertuurvlak van de parabool, aangebrachte vlakke metalen plaat konden staande golven worden opgewekt. Door met de detector het veld af te tasten vond Hertz voor de afstand tussen twee knopen 33 cm, waaruit volgt dat de golflengte gelijk was aan 66 cm.

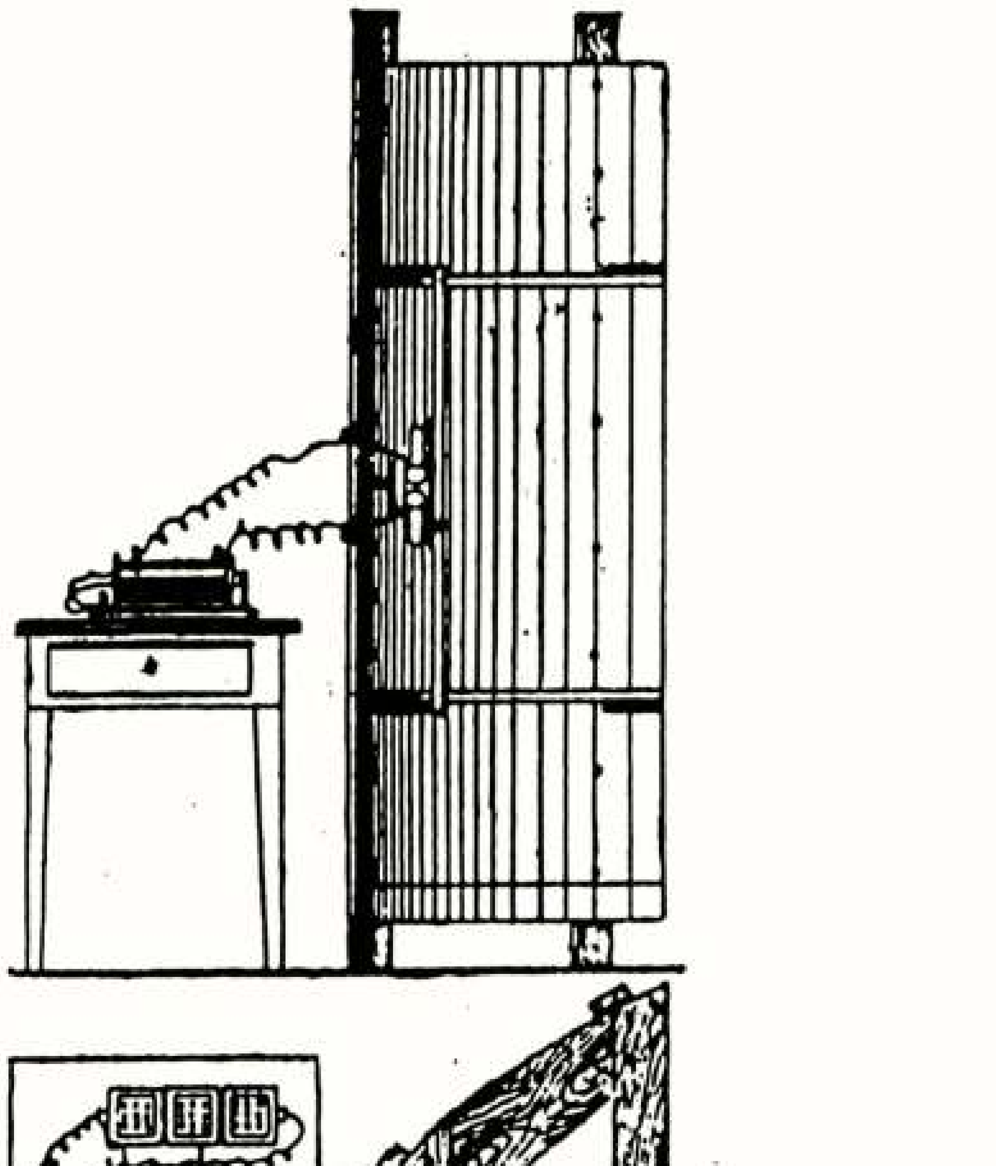


Fig. 3: Parabolische spiegel op houten frame met daarin de dipool met een lengte van 26 cm

Teneinde de maximale meetafstand verder te vergroten construeerde Hertz ook voor de ontvangkant een parabolische spiegel identiek aan die voor de zendkant. In deze spiegel werd een lange dipool aangebracht, waarvan de vonkbrug naar buiten werd geleid om de waarnemingen te kunnen doen zonder de golfvoortplanting te beïnvloeden. De grootste afstand waarbij Hertz binnenshuis nog straling detecteerde bedroeg 16 m. Bij de meeste van de met deze opstelling uitgevoerde experimenten was de afstand echter 6 - 10 m (Hertz, 1988).

Met de eerste serie experimenten werd de rechtlijnige voortplanting van de opgewekte golven aangetoond. Een zinken plaat van 1 x 2 m^2 aangebracht loodrecht op de verbindingslijn van de zend- en de ontvangantenne bleek de detectorvonk volledig te doen verdwijnen. Een scherm van tinfolie dan wel van gemetalliseerd papier had hetzelfde effect. Een door de bundel lopende proefpersoon laat de vonk op het moment van passeren eveneens verdwijnen. Met een variabele spleet blijkt de sterkte van de vonk geregeld te kunnen worden. Ook het draaien van de optische as van de zendantenne over 15° t.o.v. juiste richting dooft de vonk. Hertz heeft bij deze experimenten ook geconstateerd dat er diffractie optrad, maar was niet in staat dit effect te kwantificeren.

De tweede reeks experimenten was gebaseerd op het feit dat de opgewekte golven lineair waren gepolariseerd. Draaiing van de ontvangantenne vanuit de stand waarin de ontvangende dipool evenwijdig is aan de zendende doet de sterkte van de vonk afnemen. Na draaiing over 90° is de vonk zelfs geheel verdwenen en deze komt ook niet terug als de afstand tussen beide antennes wordt verkleind. Een op een houten frame gespannen draadrooster dooft de vonk als de draden evenwijdig zijn aan de dipolen en heeft geen invloed in een stand hier loodrecht op. In het geval dat de zend- en ontvangdipool een onderling loodrechte oriëntatie hebben kan het draadrooster, geplaatst onder 45°, weer een detectievonk geven.

Dat een metalen plaat als reflector kon dienen, was al aangetoond met het staande-golfexperiment. Dit experiment werd uitgebreid met een bestudering van de reflectie-eigenschappen van een plaat als de golf onder een hoek invalt. Ook hier bleken de optische wetten te worden bevestigd. Het eerder genoemde draadrooster bleek bruikbaar als reflector mits de draden evenwijdig waren aan de dipolen.

De laatste serie experimenten had betrekking op de breking van golven aan een grensvlak. Hertz had daarvoor een groot prisma gemaakt van pek. De doorsnede had de vorm van een gelijkbenige driehoek met opstaande zijde van 1,2 m en een tophoek van 30°. De hoogte van het prisma was 1,5 m. In verband met de grote massa was het prisma uit drie gelijke delen opgebouwd. Zo goed als mogelijk uitgevoerde metingen van de brekingshoeken leverden een brekingsindex van 1.69. Hertz was blijkbaar niet tevreden met deze uitkomst, want hij adviseerde om er niet al te veel waarde aan toe te kennen, omdat de meetmethode onnauwkeurig en het pek niet zuiver was.

Om het werk van Hertz ten volle te kunnen appreciëren, is het waarschijnlijk onvermijdelijk dat we proberen deze experimenten zelf te herhalen. In een recent artikel (Kraus, 1988) beschrijft prof. Kraus een door hem vervaardigde vonkgenerator die is samengesteld uit twee autobobines en een onderbreker. Een dipool en de bekende lusdetector completeren de meetopstelling. Bij een ingangsvermogen van 30 watt werd voldoende hoogfrequent-vermogen (volgens een schatting van Kraus minder dan 1 watt) opgewekt om op 3 m afstand nog een detectievonk te krijgen. Kraus concludeert naar aanleiding van zijn ervaringen:

"For me, it was a highly emotional experience to re-"
"create as best I could what Hertz had done a century"
"before. I realized then, as never before, the magnifi-"
"cence of the epochmaking steps Hertz had taken, which"
"opened the whole radio spectrum to mankind's utiliza-"
"tion."

3. Microgolfoptica met Hertze golven

We zien in het werk van Hertz een duidelijke samenhang tussen de feitelijke experimenten en de ontwikkeling van de daarvoor benodigde technologie en eigenlijk is dat kenmerkend voor de gehele periode. Omdat het onderzoek voornamelijk was gericht op het herhalen van reeds uit de optica bekende experimenten ligt het voor de hand dat de technologische uitgangspunten voor zover mogelijk ook aan de optica werden ontleend. Omdat te verwachten was dat de kans op succes groter zou worden naarmate de golflengte korter was, werd in de periode tot 1900, dankzij het werk van Hertz en een aantal tijdgenoten, de basis gelegd voor de huidige microgolftechniek. het vak dat zij beoefenden zouden wij thans omschrijven als microgolfoptica.

Van de tijdgenoten moeten zeker worden genoemd de Italiaan A. Righi, die zelfs een standaardwerk over microgolfoptica schreef (Righi, 1897), J.C. Bose uit India, die blijk heeft gegeven van een bijzonder grote creativiteit en tenslotte O.J. Lodge uit Engeland. Deze drie namen zullen we verschillende malen tegenkomen in de hierna te geven schets van de microgolftechnische ontwikkelingen in de periode tot 1900 (Ramsay, 1958).

3.1. Kortere golflengten

In verband met het streven naar zo kort mogelijke golflengten moeten in het bijzonder de namen van Righi en Bose worden genoemd. De eerste is de uitvinder van de vonkbrug die in fig. 4 schematisch is weergegeven. In de

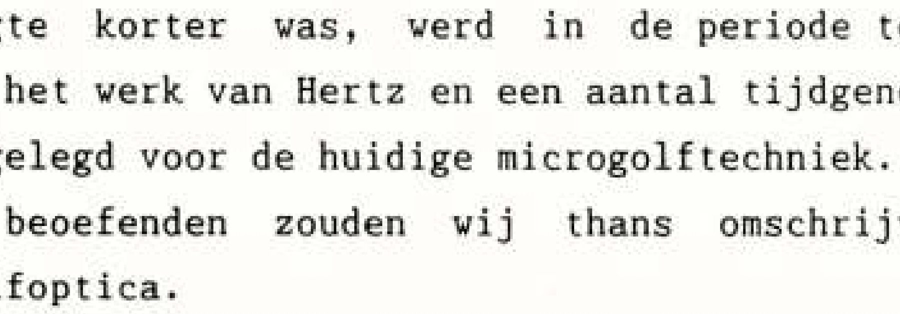


Fig. 4: Vonkbrug van Righi, zoals beschreven in de tekst

wand van een, uit isolatiemateriaal vervaardigd, doosje, zijn twee bollen A en B aangebracht. Het doosje zelf is ter bescherming van de elektroden gevuld met petroleum. De kleinere bolletjes C en D zijn op het inductie-apparaat aangesloten. De vonken springen niet alleen over tussen C en A en tussen D en B, maar tegelijkertijd ook tussen A en B, de voor de oscillaties werkzame vonkbrug. Met volgens het Righi-principe werkende oscillatoren zijn golflengten van 20, 10 en 2 cm opgewekt.

De oscillator van Bose bestaat uit een enkelvoudige, geïsoleerd opgestelde, platina bol. Deze bol wordt weer gevoed door twee kleine, door schaaltjes afgeschermde, bolletjes die verbonden zijn met het inductie-apparaat (fig. 5). Bose gebruikte zijn oscillator voor golflengten van 2,5 cm tot 5 mm.

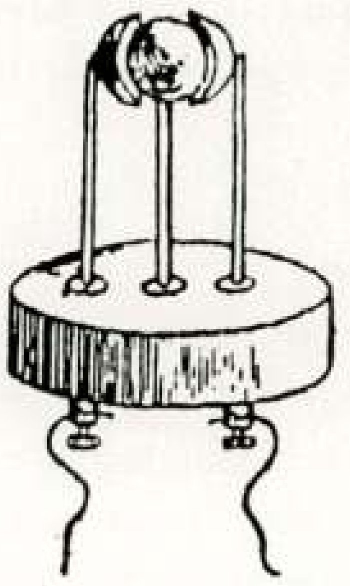


Fig. 5.: Vonkbrug van Bose

Het ontwikkelen van verbeterde oscillatoren ging vergezeld van pogingen om ook het rendement van de uitstraling te verhogen. Naast de reeds uit het werk van Hertz bekende parabolische spiegels werden voor dit doel lenzen gebruikt. Naarmate de golflengte korter was werd uiteraard, bij gegeven afmetingen, niet alleen met een parabolische spiegel maar ook met een lens een betere bundeling verkregen. Righi vervaardigde lenzen met een diameter van 32 cm en een brandpuntsafstand van 50 cm zowel uit parafine als uit zwavel. Hij verkreeg daarmee goede resultaten tot golflengten van 3 cm.

Aan Lodge komt de eer toe de eerste golfpijpstraler te hebben vervaardigd (fig. 6). Hoewel daarvoor geen concrete aanwijzingen zijn, lijkt het aannemelijk dat hij hierbij werd geïnspireerd door het gebruik van buizen in optische instrumenten. Lodge presenteerde zijn

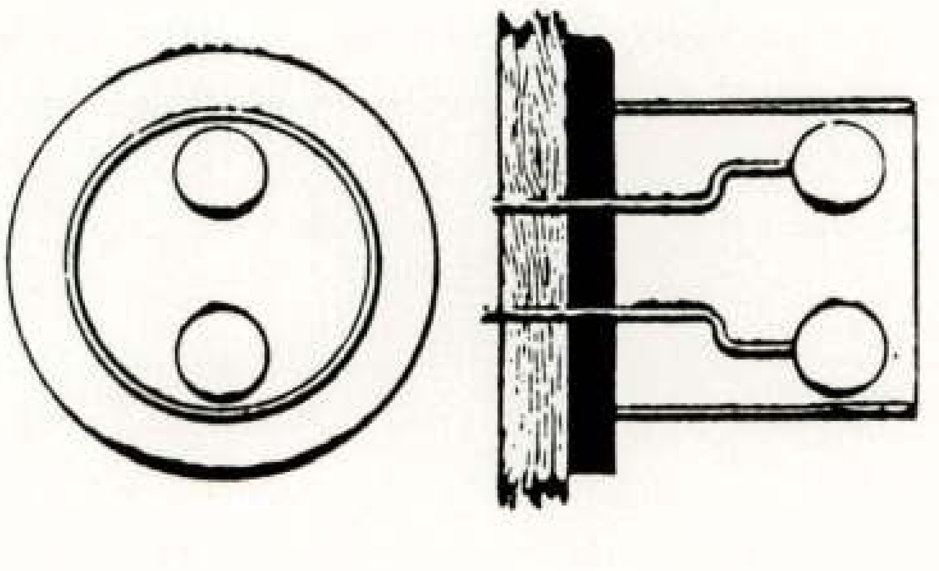


Fig. 6: "Golfpijpstraler" van Lodge

straler in 1894 tijdens een bijeenkomst in de "Royal Institution" in Londen. De achterliggende idee was dat, door het aan één zijde afsluiten van de pijp, alle straling één kant opgedreven wordt. Door het variëren van de vonkbrugoriëntatie werd de invloed waargenomen van de golfpijpmodi die drie jaar later door lord Rayleigh langs theoretische weg bepaald zouden worden (Rayleigh, 1897). Om de grootte van het uitgestraalde vermogen te kunnen variëren werden diafragma's voor de golfpijpopening aangebracht. Bose gebruikte pijpen met zowel cirkelvormige als vierkante dwarsdoorsnede waarbij soms, ter versterking van de bundelende werking, een lens werd toegepast (fig. 7). Van Bose is ook de eerste hoornantenne afkomstig die hij plastisch omschreef als "collecting funnel" (Bose, 1896).

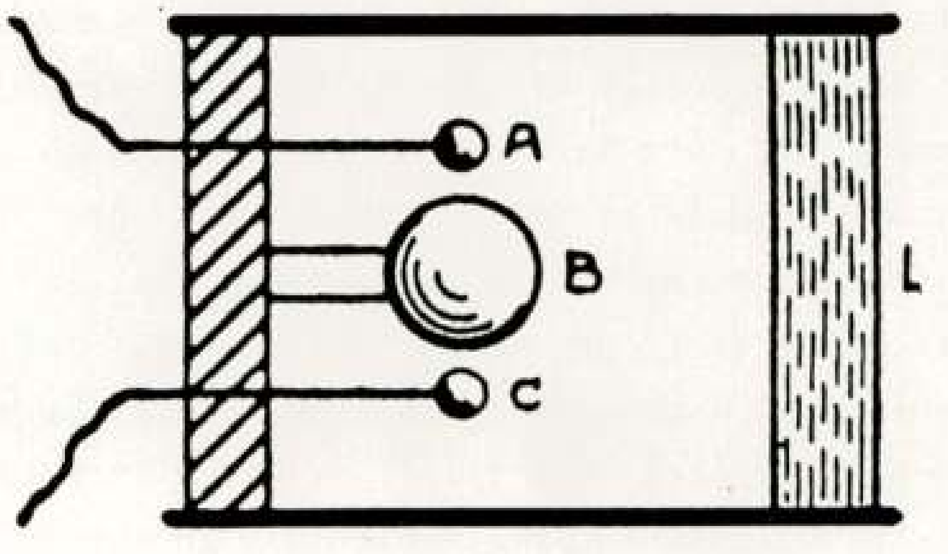


Fig. 7: "Golfpijpstraler" van Bose met lens L.

3.2. Gevoeliger detectie

De basis voor het verbeteren van de situatie aan de detectorkant werd gelegd door de Fransman Branly die in 1890 de zgn. "coherer" uitvond. Een oude gravure van deze coherer is gereproduceerd in fig. 8. In een glazen buis is bij P een hoeveelheid metaalvijlsel (ijzer, nikkel, zilver etc.) aangebracht. Het vijlsel is opgesloten tussen twee elektroden: E_1 en E_2. Normaal zullen de metaaldeeltjes een slecht contact maken hetgeen resulteert in een hoge weerstand. Zodra er echter een elektromagnetische golf op de coherer invalt springen er onzichtbare vonkjes over tussen de metaaldeeltjes waardoor deze gaan klonteren met als gevolg dat de weerstand van de coherer sterk afneemt.

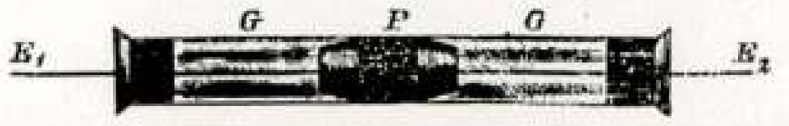


Fig. 8: De radioconductor van Branly, later door Lodge coherer genoemd

Omdat de coherer nadat hij, op de boven omschreven wijze, een golf gedetecteerd heeft laag-ohmig zal blijven, is de werking eenmalig. Lodge heeft in 1894 aangegeven hoe dit ondervangen kan worden. Ook het woord coherer is trouwens door Lodge ingevoerd. Branly had aanvankelijk de meer sprekende naam "radioconductor"

voorgesteld. Het principeschema van de uitbreiding die Lodge aan de coherer heeft gegeven is getekend in fig. 9. In deze schakeling wordt het uitslaan van de galvanometer G gebruikt om aan te geven dat er een golf gedetecteerd wordt. Tegelijkertijd wordt de wijzeruitslag echter gebruikt om een stroomkring a-c-2-K-f-b te sluiten, waardoor een belklepel tegen de coherer tikt en de weerstand weer hoog wordt.

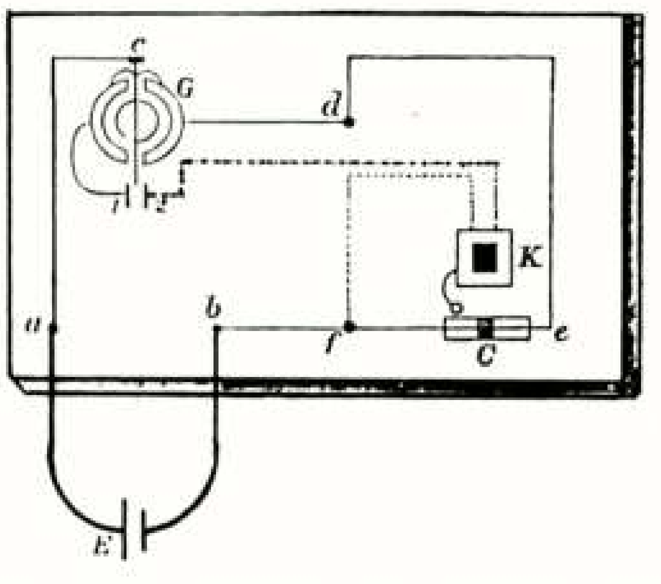
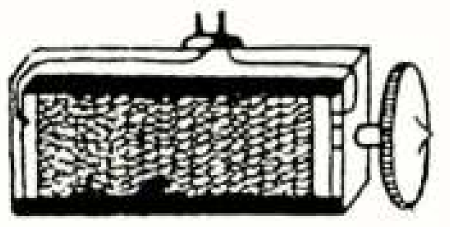


Fig. 9: Coherer met klepel volgens Lodge

Ook Bose heeft een bijdrage geleverd aan de detectorontwikkeling. Hij verving het metaalvijlsel door laagvormig opgestapelde spiraalveertjes die, met behulp van een schroef, meer of minder sterk op elkaar kunnen worden gedrukt (fig. 10). Bose paste dit principe met name toe voor het detecteren van de door hem gegenereerde 5 mm-golven.


Fig. 10: Coherer van Bose

In het praktisch gebruik werd de coherer opgenomen in de gap van een, al dan niet in een golfpijp geplaatste, dipoolantenne. Hoewel naast de coherer nog andere detectortypen bedacht zijn werd er pas een wezenlijke stap voorwaarts gemaakt met de introductie van de kristaldetector. De gelijkrichtende werking van natuurlijke kristallen werd in 1874 al ontdekt door Braun. Pas toen deze zich ook met de toepassing van Hertze golven ging bezighouden ontstond in 1906 het idee van dit effect gebruik te maken voor de detectie van golven. De kristaldetector betekende niet alleen een vergroting van de gevoeligheid, maar ook een verkorting van de responstijd hetgeen voor de verdere ontwikkeling minstens zo belangrijk was.

4. Hertze golven in de radiocommunicatie

Hoewel bekend is dat bij een aantal onderzoekers aan het einde van de vorige eeuw de gedachte is gerezen aan draadloze communicatie is het Marconi die van allen het verst ging in de concretisering (Süsskind, 1969). Ongetwijfeld is hij daarbij sterk gestimuleerd door het, door hem duidelijk onderkende, commerciële belang van deze draadloze communicatie. Marconi was bekend geraakt met de Hertze golven door het volgen van de colleges in elektriciteit van prof. Righi in Bologna waarvoor hij, zonder formeel toegelaten te zijn tot de universiteit, toestemming had gekregen.

Hoewel ook Marconi begon met het herhalen van een aantal experimenten van anderen rees bij hem onmiddellijk de vraag of de Hertze golven gebruikt zouden kunnen worden voor het overdragen van telegrafiesignalen. Door een seinsleutel op te nemen in het primaire circuit van het inductie-apparaat kon hij aan de zendzijde korte dan wel lange vonkreeksen opwekken. Aan de ontvangkant werd in serie met de coherer een telegraafrelais opgenomen waarmee de punten en strepen op papier werden vastgelegd.

Marconi slaagde erin de gevoeligheid en de betrouwbaarheid van de coherer in belangrijke mate te verbeteren door het reduceren van de afstand tussen de elektroden tot 2 mm, het evacueren van het buisje, het toepassen van een speciaal mengsel van metaaldeeltjes te weten 96 % nikkel en 4 % zilver en het zorgen voor een uniforme deeltjesgrootte. Bij het verleggen van zijn werkterrein naar de open lucht ontdekte Marconi bovendien min of meer toevallig dat de overbrugbare afstand aanzienlijk toenam als één zijde van de vonkbrug werd geaard en de andere zijde werd verbonden met een verticale draad. Door aan de ontvangkant de coherer in een overeenkomstige configuratie op te nemen slaagde Marconi erin om in 1895 een afstand van ruim 2 km te overbruggen.

Een jaar later gaat Marconi op 21-jarige leeftijd naar Engeland waar hij verwacht belangstelling te zullen vinden voor zijn idee de radiotelegrafie in te zetten voor het verkeer met schepen. Door tussenkomst van zijn moeder ontmoet hij de hoofdingenieurs van de (overheids)telegraafdienst en krijgt hij de gelegenheid zijn systeem te demonstreren. Door het succes van deze demonstraties weet hij zich in het vervolg verzekerd van de steun van de Engelse PTT. De potentie van de radiotelegrafie is nu duidelijk en in 1897 wordt de "Wireless Telegraph and Signal Company" opgericht om op commerciële basis Marconi-apparatuur te gaan ontwikkelen.

Na een reeks experimenten waarbij de overbrugde afstanden steeds groter waren, werd in 1901 het legendarische hoogtepunt bereikt: de overbrugging van de Atlantische Oceaan tussen Engeland en Amerika! Het Engelse station was opgesteld in Poldhu in Cornwall en het Amerikaanse station op New Foundland (Signal Hill). De eerste, voor de zender in Poldhu, gebouwde antenne had de vorm van een omgekeerde kegel met een vierkant grondvlak en was opgehangen aan twintig houten palen van 60 m hoogte. Deze antenne werd echter tijdens een storm in september 1901 grotendeels verwoest en daarna vervangen door een, tussen twee palen opgehangen, waaier-

antenne bestaande uit een vijftigtal draden. De antenne in het ontvangstation werd gevormd door een aan een vlieger op 130 m hoogte bevestigde draad. De grootste verrassing was bij dit experiment eigenlijk niet eens de overbrugde afstand van 3500 km, maar het feit dat de golven daarbij, als gevolg van de kromming van de aarde, een "waterberg" van 160 km hoogte waren gepasseerd. Toen Marconi het transoceanische experiment ondernam was hij zich zeer wel bewust van het feit dat er geen acceptabele verklaring was voor het tot stand kunnen brengen van radiocontact met een ontvangstation dat, gezien vanuit de zenderpositie, onder de horizon ligt. Hij had echter zoveel vertrouwen in zijn, tot dan toe behaalde, resultaten dat hij toch doorzette.

Ondanks het feit dat Heaviside in 1902 suggereerde dat er wellicht sprake was van een soort transmissielijn gevormd door het aardoppervlak en een hoger gelegen geleidende laag heerste nog lange tijd de opvatting zoals die in 1909 door Marconi zelf werd verwoord:
"With regard to the presumed obstacle of the curvature" "of the Earth, I am of opinion that those who antici-" "pated difficulties in consequence of the shape of our" "planet had not taken sufficient account of the par-" "ticular effect of the earth connection to both trans-" "mitter and receiver ... the resulting waves do not" "propagate in the same manner as free radiation from a" "classical Hertzian oscillator, but glide along the" "surface of the Earth." (Ratcliffe, 1974).

In de periode tot circa 1920 moest men genoegen nemen met de algemene vuistregel dat voor het overbruggen van grote afstanden het gebruik van zo groot mogelijke golflengten gustig was. Pas in de twintiger jaren als Marconi en met hem verschillende radioamateurs dankzij de technologische ontwikkelingen hebben kunnen constateren dat ook in de frequentieband van 3 - 20 MHz lange-afstandsverbindingen mogelijk zijn (Isted, 1974) groeit het besef van het bestaan van wat wij thans de ionosfeer noemen.

Mede gelet op onze hedendaagse ervaringen behoeft het geen betoog dat de invoering van de radiotelegrafie vergezeld werd door de nodige politieke verwikkelingen. Een korte schets van de situatie in Nederland moge dit illustreren (Brink, 1954). De geschiedenis van de draadloze telegrafie in Nederland begint in 1899 met het verzoek van Lloyds in Londen om, op eigen kosten, een Marconi-toestel te mogen plaatsen op het lichtschip Maas, 15 km van Hoek van Holland. Dit verzoek werd niet ingewilligd omdat het gevoel bestond dat nationale initiatieven van zowel de telegraafdienst als de marine anders gedurende een aantal jaren sterk belemmerd zouden worden. Wel was dit verzoek voor de ministers van Waterstaat, Marine en Landbouw en Nijverheid aanleiding een commissie te vormen die moest adviseren omtrent de mogelijkheid van een radiotelegrafieverbinding tussen het lichtschip en een nog nader te bepalen kantoor bij de ingang van de Rotterdamse Waterweg. Deze zgn. commissie "Lichtschip Maas" liet zich in Engeland het Marconi-systeem demonstreren en was geïmponeerd door de prestaties. Omdat de aanvankelijke leveringsvoorwaarden echter niet werden gehonoreerd werd contact gezocht met de Parijse firma Ducretet die relaties onderhield met Popov. Het functioneren van deze apparatuur liet veel te wensen over.

Omstreeks 1902 werd opnieuw gepoogd Nederland binnen de invloedssfeer van het Marconi-concern te trekken. Door tussenkomst van de in Brussel gevestigde "Compagnie de Télégraphie sans Fil" werd voor dertig jaar een concessie gevraagd voor het exploiteren van een stelsel van draadloze telegrafie in Nederland en zijn koloniën en bezittingen met gebruikmaking van Marconi-toestellen. Ondertussen had A. Weiss, directeur van de Algemene Handel en Cultuur Maatschappij in Batavia ook reeds concessie aangevraagd bij de Gouverneur Generaal voor de exploitatie van een radiotelegrafienet in Nederlands Indië, gebaseerd op het gebruik van Marconi-apparatuur.

Toen Weiss erin slaagde, met medewerking van de marine in Nederland, een demonstratie te organiseren met Marconi-apparatuur kon een conflict met de "Compagnie de Télégraphie sans Fil" niet uitblijven. Als gevolg hiervan werden beide concessie-aanvragen afgewezen. Hetzelfde lot ondergaat een concessie-aanvraag van een Franse maatschappij. In 1903 komt er een kentering. Van Engelse zijde bereikt ons in dat jaar een nieuw voorstel dat uitgaat van het bouwen van een draadloos station in Scheveningen. Een "interdepartementale commissie inzake de draadloze telegrafie" is het directe gevolg. Een nieuwe telegraaf- en telefoonwet wordt op stapel gezet die ook van toepassing zal zijn op de draadloze telegrafie en het wordt duidelijk dat de staat zelf de exploitatie van het nieuwe communicatiemiddel ter hand gaat nemen. Met de uitvoering wordt de Rijkstelegraaf belast.

Op 19 december 1904 vindt de officiële opening plaats van het bijtelegraafkantoor Scheveningen-Haven dat bij wijze van proef voor het wisselen van telegrammen met schepen in zee d.m.v. draadloze telegrafie wordt opengesteld. Het station werd ingericht door de Duitse firma Telefunken. De eerste jaren waren moeilijk omdat nog maar weinig schepen beschikten over telegrafiestations. Het effect hiervan werd nog versterkt door het feit dat de Marconi-maatschappij zijn telegrafisten verbood te werken met stations van ander fabrikaat. Pas in 1907 kwam hierin verandering door het afsluiten van een overeenkomst.

De in 1904 in gebruik genomen vonkzender Scheveningen-Haven werkte op een golflengte van 600 m. De vonkbrug was inductief met het antennecircuit gekoppeld; een schakeling die was bedacht door Braun (fig. 11). De zender Scheveningen-Haven behoorde tot de zgn. brommers, een naam die werd ontleend aan het feit dat de kwikinterruptor in het Ruhmkorff-circuit ongeveer 50 maal per seconde schakelde. In 1910 werd het station verhuisd en kreeg een hogere antenne. Twee jaar later

werd een tweede vonkzender op 1800 m toegevoegd voor het lange-afstandsverkeer, de oude 600 m zender bleef in gebruik voor het kustverkeer. Een omstreeks 1920 opgestelde moderniseringsplan vond geen doorgang omdat inmiddels lampzenders ter beschikking kwamen die, dankzij hun ongedempte trillingen betere mogelijkheden boden voor het lange-afstandsverkeer. In 1923 wordt door Telefunken een 5 kW lampzender geleverd voor 1800 m. De vonkzender op 600 m blijft nog in dienst tot 1926 dan neemt een tweede lampzender zijn werk over. Daarmee komt voor Nederland een einde aan het gebruik van Hertze golven.

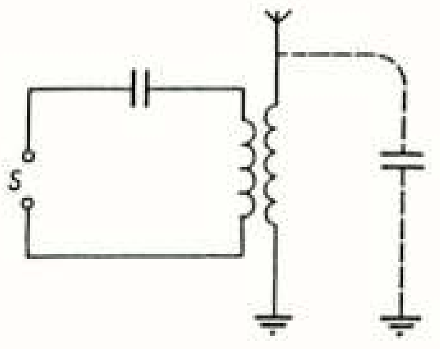


Fig. 11: Inductieve antennekoppeling volgens Braun

Referenties

Bose, J.C.
"On a complete apparatus for the study of the properties of electric waves"
Elec. Eng. London, October 2, 1896.

Brink, E.A.B.J. en Schell, C.W.L.
"Geschiedenis van de Rijkstelegraaf 1852-1952"
p. 128 e.v., 1954, Staatsbedrijf der PTT, 's Gravenhage.

Hertz, H.
"On very rapid electric oscillations"
Electric Waves, Chapter II, 1887, Dover Publications, Inc., New York.

Hertz, H.
"On electric radiation"
Electric Waves, Chapter XI, 1888, Dover Publications, Inc., New York.

Hertz, H.
"On the propagation of electric waves by means of wires"
Electric Waves, Chapter X, 1889, Dover Publication, Inc., New York.

Isted, G.A.
"Marconi, a turning point in radio communication"
Electronics and Power 20, 1974, pp. 315-319.

Kraus, J.D.
"Heinrich Hertz - Theorist and experimenter"
IEEE Trans. on MTT, 36, No. 5, May 1988, pp. 824-829.

Ramsay, J.F.
"Microwave antenne and waveguide techniques before 1900"
Proc. IRE, February 1958, pp. 405-415.

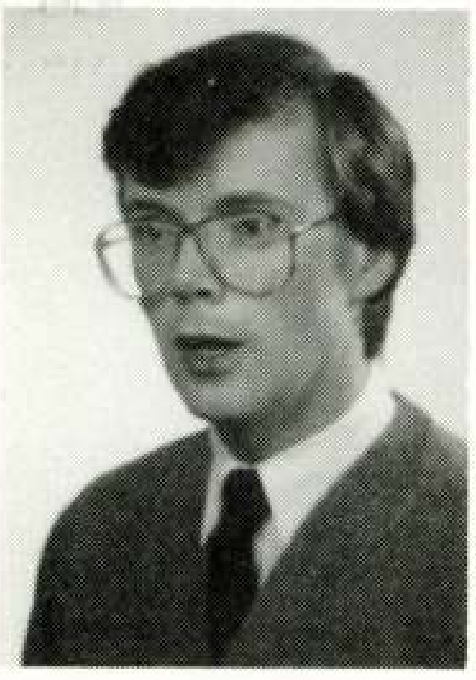
Ratcliffe, J.A.
"Marconi, reactions to his transatlantic radio experiment"
Electronics and Power 20, 1974, pp. 320-322.

Rayleigh, Lord
"On the passage of electric waves through tubes, or the vibrations of dielectric cylinders"
Phil. Mag. 43, 1897, pp. 125-132.

Righi, A.
"L'ottica della oscillazioni elettriche"
Nikola Zanichelli, Bologna, Italy, 1897

Süsskind, C.
"The early history of electronics, Part IV First radio-telegraphy experiments"
IEEE Spectrum, 1969, pp. 66-70

Voordracht gehouden tijdens de 361e werkvergadering.



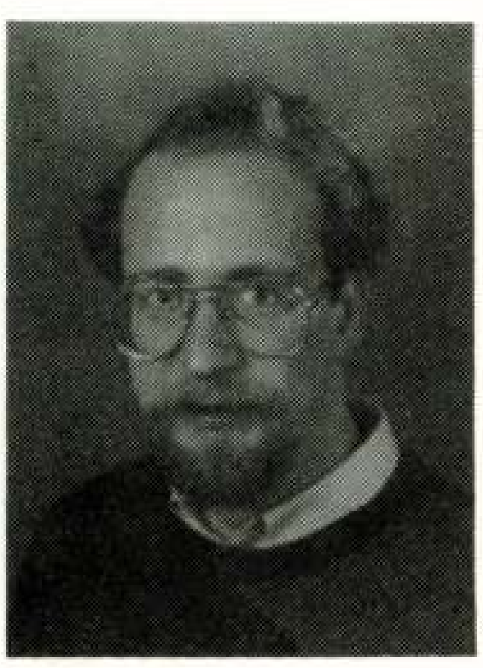
DR. JAMES O'HARA



PROF. IR. L. KRUL



PROF. DR. IR.
L. P. LIGTHART



DR. H. SCHAPER

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(361ste werkvergadering)
IEEE BENELUX SECTIE
AFD. TELECOMMUNICATIE VAN HET KIvI

UITNODIGING

voor de lezingendag op **donderdag 22 september 1988** in **collegezaal C** van het **Aulagebouw** van de **Technische Universiteit Delft**, Mekelweg, Delft.

THEMA: HEINRICH HERTZ EN DE GEVOLGEN VAN ZIJN WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK.

PROGRAMMA

09.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	**DR. JAMES O'HARA**(Universiteit Hannover, Duitsland); THE CAREER OF HEINRICH HERTZ.
11.00 uur:	Koffiepauze.
11.30 uur:	**PROF. IR. L. KRUL**,(Technische Universiteit Delft); HERTZE GOLVEN.
12.10 uur:	Lunch.
13.30 uur:	**PROF. DR. IR. L. P. LIGTHART**, (Technische Universiteit Delft); ANTENNES.
14.10 uur:	**PROF. DR. IR. G. BRUSSAARD**, (Technische Universiteit Eindhoven); SATELLIET COMMUNICATIE.
14.50 uur:	Thee.
15.20 uur:	**DR. H. SCHAPER**, (Philips Natuurkundig Laboratorium Eindhoven); GLASVEZEL COMMUNICATIE.
16.00 uur:	Sluiting.

Tijdens de lezingendag is een kleine tentoonstelling ingericht door ir. J. M. Brans van de Technische Universiteit Delft.

Aanmelding voor de lezingen dient te geschieden vóór 15 september door middel van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **55 cent.** Reservering voor de lunch vindt slechts plaats als vóór 15 september een bedrag van *f* 15,00 is ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "HERTZ".
NERG, KIvI en IEEE leden alsmede studenten hebben gratis toegang.
Niet leden dienen een entree-prijs van *f* 15,00 te betalen.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK, NERG.
Tel. 040 - 473672

Eindhoven, augustus 1988.

ANTENNES ANNO 1988

Prof.dr.ir. L.P. Ligthart,
Technische Universiteit Delft,
Faculteit der Elektrotechniek,
Mekelweg 4,
2628 CD Delft.

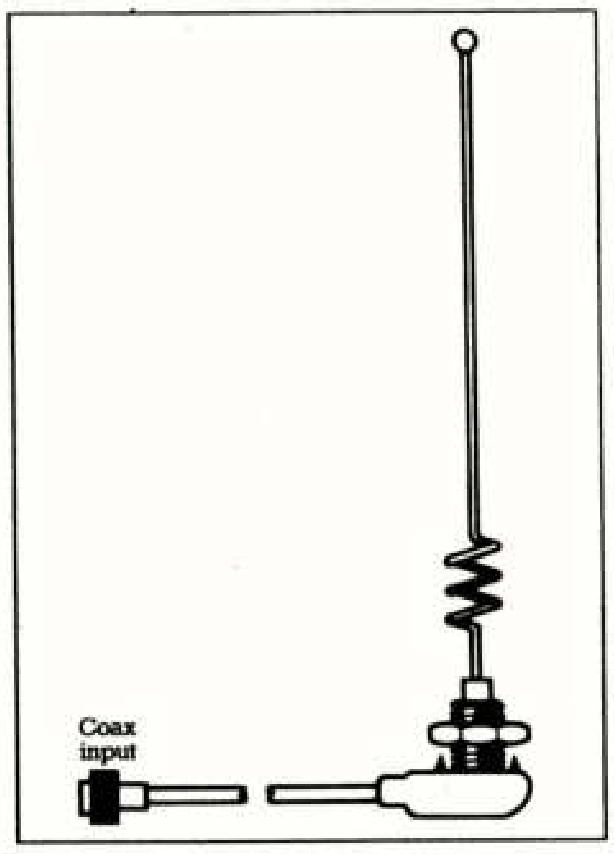
ANTENNAS ANNO 1988. Nowadays everyone working with antennas is aware that exact solutions are seldom available and approximations are often needed. Approximations are used in the antenna theory, antenna modeling and computational techniques. So far as the antenna design concepts are concerned it is observed that they partially take advantage of past experience and they are partly based on the choice of configurations which can be analyzed theoretically. In-door and out-door measurement techniques exist to characterize the antenna under test. Antenna developments are found in the areas of terrestrial and satellite radio links, mobile communications and radar. In this paper the 1988 state of the art antenna theory, antenna measurement techniques and antenna applications are indicated.

Inleiding

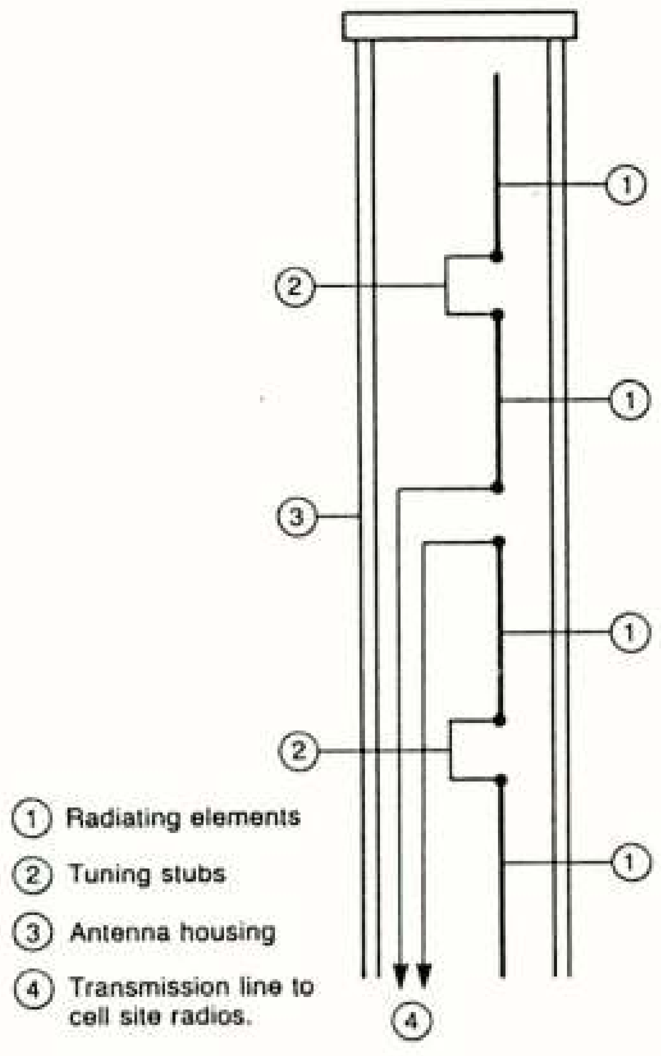
Onlangs heeft antennepionier Kraus een nieuwe versie van zijn antennehandboek laten verschijnen (Kraus, 1988). Hij wijdt zijn boek aan de twee grondleggers van de antennes, d.w.z. aan Heinrich Hertz, "who invented the first antennas" en aan Guglielmo Marconi ,"who pioneered in their practical applications".

In zijn boek memoreert hij de aktiviteiten van de wetenschapper Hertz, welke uiteindelijk hebben geleid tot de ontwikkeling van een dipool met "top-loading" als zendantenne en een vierkante "loop"-antenne als ontvangantenne. De radiogolven werden opgewekt door vonkontladingen met gebruikmaking van een inductiespoel. Deze dipool wordt de "Hertze"-dipool en deze radiogolven worden de "Hertze"-golven genoemd. (Krul, 1988).

Dat de dipool nog steeds niet is afgeschreven, moge blijken uit het volgende.



Figuur 1 Dipool antenne anno 1988



Figuur 2 Rondstraal antennes bij een basisstation t.b.v. mobiele communicatie anno 1988

Een van de snelst groeiende telecommunicatie-markten is de cellulaire mobiele radiocommunicatie. Alle componenten in dit telecommunicatie gebied zijn onderzocht en verbeterd. Nieuwe technologieen worden toegepast, miniaturisatie viert hoogtij, nieuwe functionaliteiten en afgeleide diensten worden aan de mobiele communicatie systemen toegevoegd en.....de "state-of-the-art" antenne bij het mobiel is de lineaire dipool antenne zoals getoond in Figuur 1 en ... de "state-of-the-art" antenne bij het basisstation bestaat uit een serie dipool antennes zoals is te zien in Figuur 2. (Gibson, 1987)

Voor antennes in de grootte-orde van de golflengte ontstaat het probleem van velddistorsies die worden opgewekt rondom de overgang van de gesloten transmissieweg (kabel of golfpijp) naar de open radioweg. Deze distorsies geven aanleiding tot specifieke theorieen en tot experimenteel onderzoek ter verbetering van de antenne-eigenschappen. Een en ander is afhankelijk van de antennegeometrie en van de materialen die gebruikt worden rondom de genoemde overgang.

Voorbeelden van experimenteel onderzoek zijn:

- het gebruik van dielectrica binnen en buiten de gesloten transmissieweg ter verbetering van amplitude- en/of fase-eigenschappen van het "uitgestraalde" electro-magnetische (e.m.) veld van een zendantenne.
- het gebruik van metalen ringen, rondom een cylindrische transmissielijn om terugwaartse straling te kunnen onderdrukken en/of de invloed van radio frequente (r.f.) stromen aan de buitenzijde van de transmissielijn te verminderen.
- aanpassingsnetwerken, t.p.v. de overgang "transmissielijn naar vrije ruimte" ter verkrijging van breedband aanpassing met lage reflecties.
- netwerken voor de compensatie van de mutuele koppeling tussen antenne-elementen met afmetingen in de orde van de halve golflengte.

Ook hier geldt dat tot heden geen generale ontwerptechniek is ontwikkeld. Optimalisering wordt meestal experimenteel verkregen gebaseerd op ervaring en soms "trial and error" methoden.

De theoretische basis evenwel is reeds lange tijd bekend. De veldvergelijkingen zijn in algemene zin vector-diffractie-integraalvergelijkingen afgeleid uit de vergelijkingen van Maxwell, d.w.z.

- vectorvergelijkingen i.v.m. de polarisatiezin van het plaats- en tijdsafhankelijke e.m. veld.
- diffractie omdat de straling van een antenne beschreven kan worden als de verstrooiing van een opgewekt "bronveld" bij de generator, i.g.v. een zendantenne.

Sinds Hertz is zeer veel theoretisch en experimenteel werk uitgevoerd wat ondermeer heeft geleid tot:

- het antenne-reciprociteitstheorema, waardoor een antenne slechts beschreven hoeft te worden in de zendsituatie of in de ontvangsituatie,
- het transmissie-reflectie concept bij de antenne "ingangspoort",
- diverse veldvergelijkingen voor specifieke stralende (d.w.z. zend antenne) structuren,
- de theorie van antenne stelsels
- antennemeettechnieken voor het bepalen van de stralingseigenschappen van zendantennes,
- een grote diversiteit aan antennes afhankelijk van de toepassing.

Uit bovenstaande blijkt reeds dat er niet één veldvergelijking bestaat voor alle denkbare antenneconfiguraties. Dit komt omdat gebruik gemaakt moet worden van benaderingen welke nodig zijn om het antenneprobleem numeriek hanteerbaar te houden.

De gekozen aanpak voor benaderingen is toepassingsafhankelijk en de rechtvaardiging van de benaderingen heeft alles te maken met te stellen nauwkeurigheids- en betrouwbaarheidscriteria.
Voor de verificatie en de acceptatie van deze criteria is experimenteel onderzoek aan antennes onontbeerlijk.

Het opstellen van antenne specificaties betreft:

- de electrische specificaties, d.w.z. de beschrijving van de gewenste eigenschappen van de geleide golven behorende bij de gesloten transmissielijn (kabel of golfpijp), van de golven bij de overgang van de gesloten transmissielijn naar de "vrije-ruimte" en van de golven op "afstand" van de genoemde overgang.
- de mechanische specificaties. Vooral door de grote vlucht die de satellietcommunicatie heeft genomen, zijn grote en complexe antennestructuren onderzocht die aan zware mechanische en veelal ook thermische eisen moeten voldoen.
- de specificaties van de ondersteunende antenne-constructies. Zo zijn grote en ingewikkelde constructies ontwikkeld voor satellietcommunicatie-grondstations. Enerzijds moet bij het specificeren van de constructie rekening worden gehouden met de antennespecificaties, anderzijds spelen omgevings-invloeden zoals wind, sneeuw, enz. een belangrijke rol. Soms kunnen deze invloeden worden verminderd door gebruik te maken van een -rondom de antenne aangebrachte- radome.

Onderstaand wordt een classificatie van aktuele antennes gegeven.

1. Antennes met dwarsafmetingen kleiner dan de vrije-ruimte golflengte. Deze worden veelal gebruikt indien weinig bundeling van de antenne is vereist en ook in antennestelsels.
2. Hoornantennes en antennes met dielectrica waarvan de afmetingen enige golflengten kunnen bedragen. Deze antennes worden o.a. gebruikt als belichter in relfectorantennes.
3. Lopende golfantennes met afmetingen tot tientallen golflengten. De sleufstraler in radarsystemen valt in deze kategorie.
4. Reflectorantennes met enkel- of meervoudige reflectoren. Vele uitvoeringsvormen zijn in de literatuur beschreven. Afmetingen van tientallen tot honderden golflengten.
5. Antennestelsels. Vrijwel altijd worden identieke antenne-elementen gebruikt. Antennestelsels kunnen ook worden samengevoegd met een reflector configuratie.

Het numerieke oplossen van de veldvergelijkingen behorende bij de antennetypen 3, 4 en 5 heeft veelal de moeilijkheid dat de afmetingen groot zijn t.o.v. de radiogolflengte terwijl de integratie-intervallen in de multi-dimensionale integraalvergelijkingen kleiner dan een halve golflengte moeten zijn.

Integraalvergelijkingen ontstaan i.v.m. de integratie over dat gedeelte van de antenne configuratie dat bijdraagt aan de stralingseigenschappen.

Twee typen integraalvergelijkingen worden het meest gebruikt.

1. Vergelijkingen afgeleid uit de vector-potentiaal methode. In deze methode worden twee vector-potentialen geintroduceerd. De ene potentiaal is gerelateerd aan reele en/of fictieve elektrische stroombronnen. Indien deze bronnen de praktijk situatie goed beschrijven kan op numerieke wijze de stralingseigenschappen berekend worden.
2. Vergelijkingen afgeleid uit het theorema van Green en het reciprociteitstheorema van Lorentz. De vergelijkingen bevatten als onbekende vectorfunkties alleen de tangentiele electrische veldvector en de tangentiele magnetische veldvector langs een gesloten oppervlak rondom de stralende antenne. Indien we beschikken over de kennis van deze tangentiele velden kunnen de stralingseigenschappen buiten het oppervlak berekend worden.

In Sectie 2 zullen de hedendaagse, meest gebruikte methoden worden beschreven welke kunnen leiden tot kennis van de vectorpotentialen, danwel de tangentiele veldcomponenten.

Sectie 3 beschrijft de antennemeettechniek anno 1988.

In Sectie 4 wordt ingegaan op een aantal aktuele antennetoepassingen waarbij de auteur betrokken is.

2. Oplossingen voor de integraalvergelijkingen anno 1988.

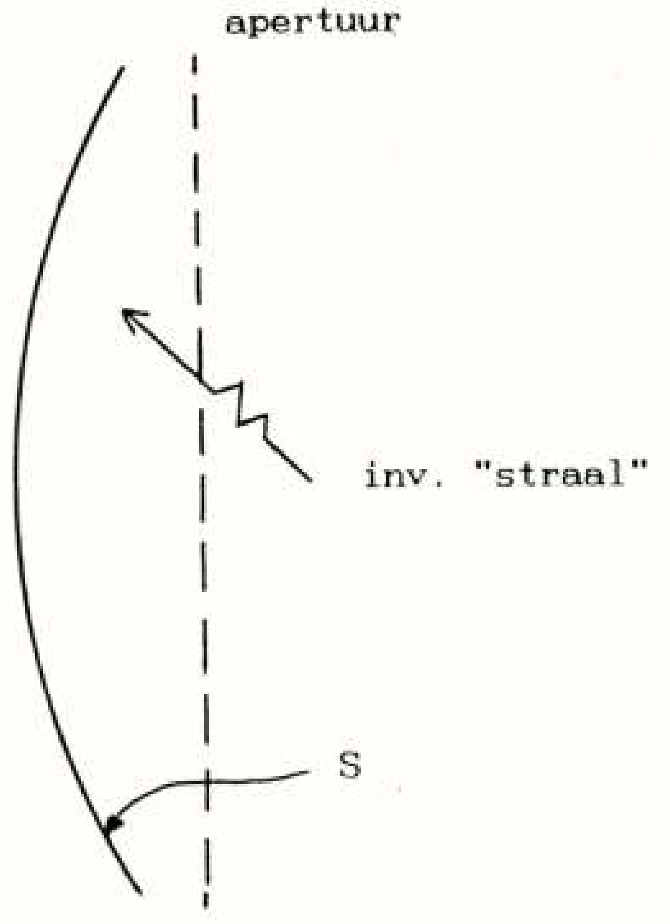
De hier besproken methoden om de integraalvergelijkingen op te lossen maken gebruik van de;

1. Geometrische Optica
2. Fysische Optica
3. Lokale vlakke golf reflectie
4. Sferische golf uitbreiding

Diverse numerieke methoden zijn ontwikkeld om het ruimtelijk e.m. veld te berekenen via de integraal-vergelijkingen met in de integrand snel varierende complexe vector functies. Hierop wordt niet verder ingegaan.

2.1 Geometrische Optica

De Geometrische Optica is gebaseerd op de stralentheorie d.w.z. dat het propagerende e.m. veld wordt beschreven, d.m.v. de zgn. "eikonaalvergelijking" en de "transportvergelijking". Deze vergelijkingen worden afgeleid uit de vergelijkingen van Maxwell met de benadering dat de radiofrequentie nadert tot oneindig.



Figuur 3 Geometrische Optica toegepast op een reflectorantenne

Bij de bepaling van de stralingseigenschappen van reflectorantennes in de zendsituatie kan van de Geometrische Optica nuttig gebruik gemaakt worden (zie Figuur 3). Er is verondersteld dat:

- het veld afkomstig van een antennebelichter en ter plaatse van de reflector kan lokaal beschreven worden als een invallende vlakke Transversaal Elektro Magnetische (TEM) golf. Deze bekend veronderstelde golf wordt gekarakteriseerd door een invallende straal met een recht stralenpad. Dit betekent dat een homogeen medium rondom de antenne wordt verondersteld en dat er geen interactie bestaat tussen belichter en reflector. Tevens houdt dit in dat het e.m. veld nul is t.p.v. "niet-belichte" delen van de reflector, zoals de achterzijde e.d.
- het reflectoroppervlak S heeft afmetingen die groot zijn t.o.v. de vrije-ruimtegolflengte.
- de kromtestraal van S is ook veel groter dan de vrije-ruimte golflengte; m.a.w. het reflectoroppervlak wordt lokaal vlak verondersteld en diffractie t.g.v. de eindige kromtestraal en aan de randen wordt niet meegenomen.
- de gereflecteerde golf mag lokaal gekarakteriseerd worden als een vlakke golf en dus als gereflecteerde straal waarop de optische wetten van toepassing zijn.
- in geval meerdere reflectoren worden gebruikt, bestaat er geen interactie tussen de reflectoren onderling.

Meestal wordt aangenomen dat het reflectoroppervlak beschouwd kan worden als een ideale reflector waarlangs het totale elektrische veld nul is en waarbij het totale magnetische veld loodrecht op de reflector ook nul is. De overige veldcomponenten mogen ongelijk nul zijn.

Voor het berekenen van het veld van de reflector-antenne wordt eerst het veld bepaald (met gebruik making van de Geometrische Optica) t.p.v. het vlak voor de reflector zoals aangegeven in Figuur 3. Dit vlak wordt de apertuur van de reflectorantenne genoemd. Uit dit apertuurveld wordt vervolgens het stralingsveld van de reflectorantenne bepaald.

Uitbreiding aan de Geometrische Optica wordt gegeven in de Geometrische Diffractie Theorie waarin wordt meegenomen de verstrooiing aan de randen en aan voorwerpen met kromtestralen in de grootte orde van de golflengte. De uitbreiding betekent dat diffractie-coefficienten worden geintroduceerd. Hierdoor worden diffractiestralen toegevoegd aan de stralen afgeleid uit de Geometrische Optica.

2.2 Fysische Optica en Lokale Vlakke Golf Representatie

De belangrijkste verschillen tussen de Fysische Optica en de Geometrische Optica zijn (Figuur 4)

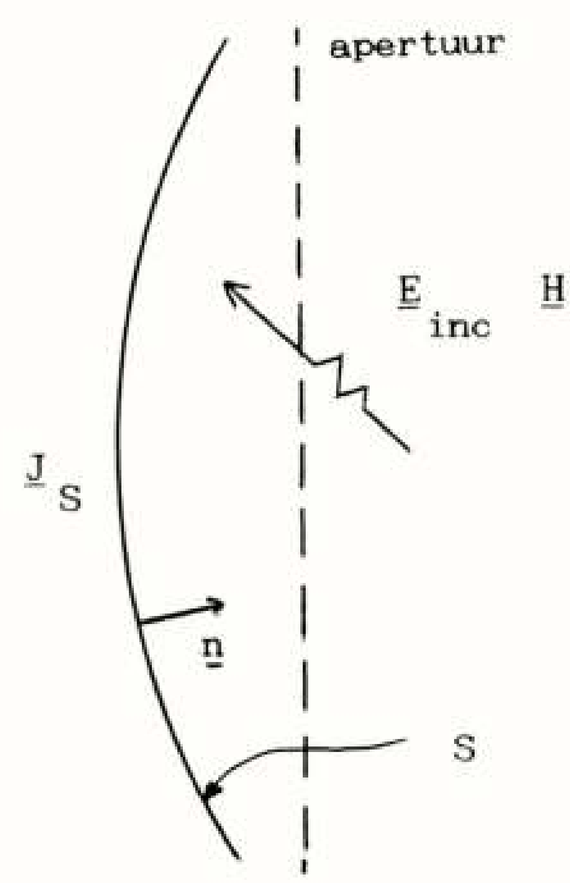
a. In geval van de ideale reflector worden de stralingseigenschappen van het "belichte" deel van de reflector bepaald door de geinduceerde elektrische stroombronnen $\underline{J}_s$ op S met ruimtelijke dichtheden

$$\underline{J}_s = 2\,\underline{n} \times \underline{H}_{inc} \quad \text{op } S_{belicht}$$

waarbij $\underline{n}$ = normaalvector op S

$\underline{H}_{inc}$ = invallend magnetisch veld op S

b. Het totaal veld buiten de antenne is de som van het veld van de belichter en het veld afkomstig van $\underline{J}_s$ langs het reflectoroppervlak.



Figuur 4 Fysische Optica en Lokale Vlakke Golf Representatie toegepast op een reflectorantenne

In geval de Lokale Vlakke Golf Representatie wordt toegepast is de aanname dat t.p.v. de reflector geen elektrische stroombronnen worden geintroduceerd maar een verstrooiingsveld $\underline{E}_s$, $\underline{H}_s$ op S.
Dit veld voldoet aan:

$$\underline{E}_s = 2\,(\underline{n} \cdot \underline{E}_{inc})\,\underline{n} - \underline{E}_{inc}$$

$$\underline{H}_s = \underline{H}_{inc} - 2\,(\underline{n} \cdot \underline{H}_{inc})\,\underline{n}$$

voor de "belichte" zijde van de reflector en

$$\underline{E}_s = -\underline{E}_{inc}$$

$$\underline{H}_s = -\underline{H}_{inc}$$

voor de "niet-belichte" zijde.

2.3 Sferische Golf Uitbreiding

In dit geval wordt gebruik gemaakt van symmetrie-eigenschappen in de antennegeometrie en dus in de stralingseigenschappen. De drie-dimensionale vergelijkingen van Maxwell worden opgelost in een sferisch coordinatenstelsel (R,ϕ,θ). Door een veldbeschrijving gebaseerd op zgn. Transversaal Elektrische (TE) en Transversaal Magnetische (TM) veldpatronen en door splitsing van variabelen behorende bij de orthogonale sferische coordinaten zijn onder voorwaarden algemene oplossingen van de vergelijkingen van Maxwell te verkrijgen. Deze voorwaarden hebben te maken met de antenne-afmetingen. De algemene oplossing is tenminste te geven buiten een bol met straal R, waarbij de antenneconfiguratie geheel binnen de bol is gepositioneerd.

Voor de veldbeschrijving geldt dat de
- R-afhankelijkheid wordt gegeven door een set van Besselfuncties
- ϕ-afhankelijkheid door combinaties van $\cos(m\phi)$ en $\sin(m\phi)$ met m = geheel getal
- θ-afhankelijkheid door Legendre functies

De charmes van deze methode zijn:
- de toepassingsmogelijkheden in de antennesynthese. Indien bepaalde stralingseigenschappen gewenst worden dan kan op basis van een beschrijving m.b.v. een set van sferische golf-vergelijkingen het gewenste veld bij de antenne worden vastgesteld.
- de beschrijving geldt ook voor het nabije-veld hetgeen voordelen biedt in geval de stralingseigenschappen van een antenne-onder-test worden gemeten in een sferische near-field antennemeetfaciliteit zoals besproken wordt in Sectie 3.

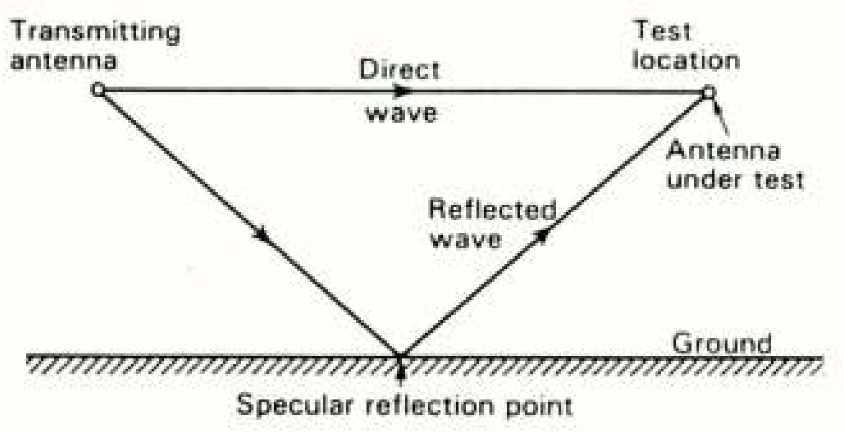
3. Antennemeettechnieken anno 1988

Onder het experimenteel vastleggen van de antenne-eigenschappen wordt verstaan:

- het meten van ruimtelijke stralingsdiagrammen in de verschillende veldgebieden rondom de antenne-onder-test en bij verschillende frequenties en polarisaties.
- het bepalen van bundelings-eigenschappen zoals gain, directivity, bundelbreedten.

Voor het meten van stralingsdiagrammen wordt een meetopstelling gebruikt met een zend- en ontvanginstallatie. In het volgende wordt aangenomen dat een antenne met bekende stralingseigenschappen wordt gebruikt als zendantenne en dat de antenne-onder-test de ontvangantenne is .

Twee typen meetfaciliteiten kunnen worden onderscheiden (Hartman, 1988):



Figuur 5 De verre-veld antennemeetbaan

1. De verre-veld antennemeetbaan
2. De antennemeetkamer

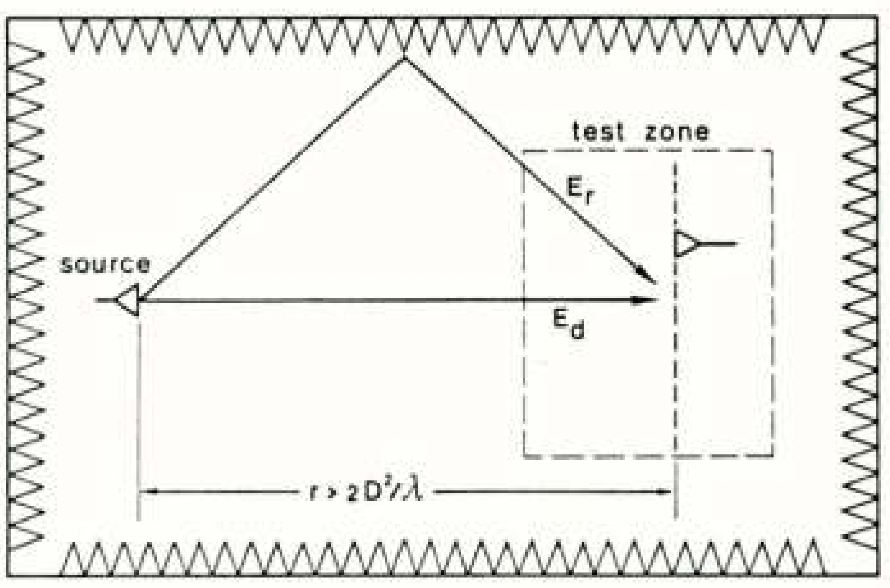
3.1 De verre-veld antennemeetbaan

Kenmerkend hierbij is dat de antenne-eigenschappen worden gemeten in een buiten opstelling (Figuur 5). Beide antennes worden gemonteerd op masten voldoende hoog boven de grond zodanig dat d.m.v. bundelende eigenschappen van de zendantenne eventuele grondreflecties worden onderdrukt.
Voor de afstand r tussen de antennes moet gelden:

$r > 2D^2/\lambda$, de zgn. verre-veld voorwaarde

met D = maximale afmeting van zend- en/of ontvangantenne,
λ = vrije-ruimte golflengte.

Door de antennes op verschillende hoogten te plaatsen zijn de interferenties van het "directe" signaal met het "gereflecteerde" signaal te analyseren. De stralingseigenschappen worden bepaald door sturing van de azimuth-, elevatie- of polarisatie-as, behorende bij de ontvangantenne

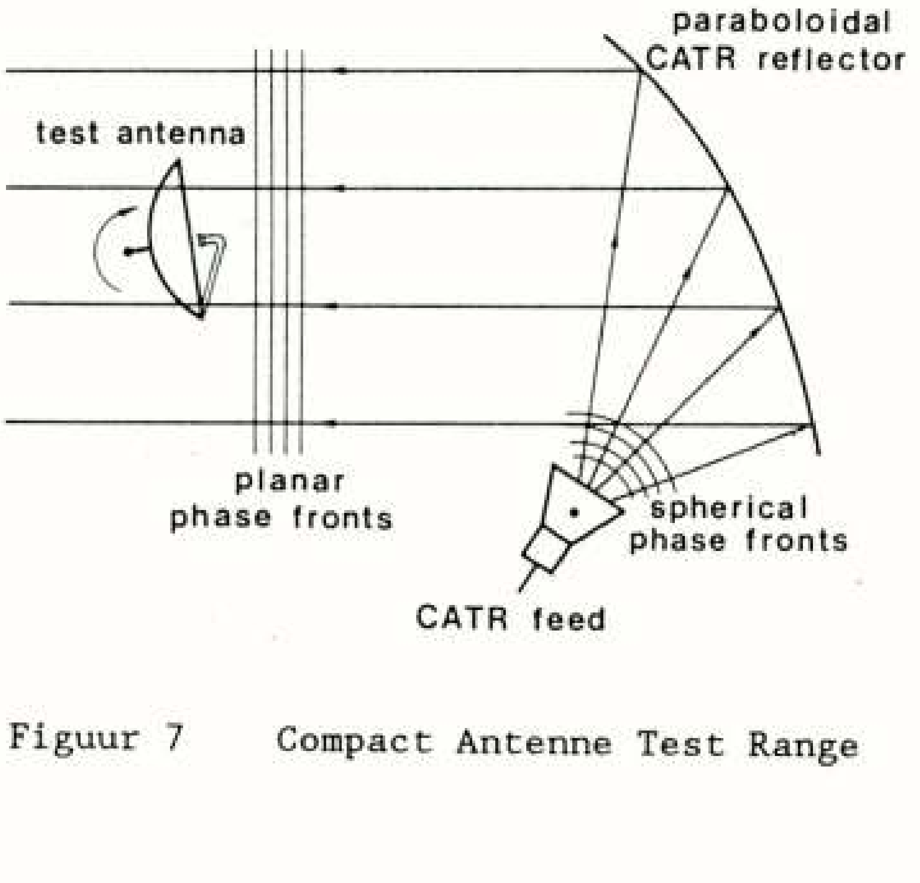


Figuur 6 Verre-veld meettechniek in anechoic chamber

3.2 De antennemeetkamer

Een antennemeetkamer is veelal een ruimte waarvan de wanden geheel of gedeeltelijk beplakt zijn met absorberend materiaal ter vermindering van de reflecties aan de wanden. Twee meettechnieken worden onderscheiden:

1. Verre-veld meettechnieken. De voor de hand liggende methode en (met de antennemeetbaan vergelijkbaar) is aanwezig indien voor zend- en ontvangantenne is voldaan aan de verre veld voorwaarde.(Figuur 6) Hierbij moeten alle wanden zo goed mogelijk "reflectie-arm" worden gemaakt (de zgn anechoic chamber).
   Een tweede methode waarin de verre veld meettechniek gebruikt kan worden is te zien in Figuur 7. In deze zgn Compact Antenne Test Range wordt het "verre veld" opgewekt middels een belichtersysteen en een reflector. De eis die aan het uittredende veld gesteld wordt is dat er een zo goed mogelijk TEM veld wordt gereflecteerd t.p.v. de testantenne. Dit betekent dat in een vlak loodrecht op de uittredende "stralen" het veld zo constant mogelijk moet zijn in amplitude en in fase. Multi-reflector configuraties kunnen dit TEM veld realiseren over een groot percentage t.o.v. het transversale reflector oppervlak.
2. Nabije-veld meettechnieken. Hierbij wordt de antenne-onder-test als zendantenne gebruikt. De testantenne



Figuur 7 Compact Antenne Test Range

wordt zodanig opgesteld in de meetkamer dat het uitgezonden e.m. veld in amplitude, fase en polarisatie gemeten kan worden in het nabije-veld van deze antenne. De metingen worden uitgevoerd met een kleine meetprobe waarvan de e.m. eigenschappen goed bekend zijn.

Deze methode is erop gebaseerd dat indien langs een gesloten ruimtelijk oppervlak (waarin de te meten antenne is opgesloten) het e.m. veld bekend is, via de integraalvergelijkingen het veld buiten het oppervlak kan worden berekend. De transformatie van het nabije- naar het verre-veld is afhankelijk van de gekozen meetmethoden.

Deze methoden zijn:

2.1. Planaire nabije-veld meettechniek. Hier wordt er van uitgegaan dat door sterke bundeling het nabije-veld grotendeels uittreedt langs een plat deel-oppervlak van het zojuist vermelde gesloten oppervlak. Indien over het resterende deel van het gesloten oppervlak het veld voldoende laag is om verwaarloosd te mogen worden dan is deze nabije-veld meettechniek goed bruikbaar (van 't Klooster, 1987).

2.2. Cylindrische nabije-veld meettechniek. Hier beweegt de meetprobe langs een lijn terwijl de testantenne m.b.v. een azimuth draaitafel wordt verdraaid. Op deze wijze wordt het uittredende veld gemeten langs een cylinder. De hoogte van de cylinder wordt bepaald door de lengte waarlangs de probe zich beweegt. Indien aangenomen mag worden dat een te verwaarlozen veld weglekt via "top" en "bodem" van de cylinder wordt een gesloten oppervlak gecreeerd nodig voor de nabije-verre veld transformatie.

2.3. Sferische nabije veld meettechniek. De testantenne wordt hier gemonteerd op een 3 assige draaitafel z.d.d. het uittredende veld in sferische coordinaten kan worden vastgelegd. Deze meettechniek is de meest algemene voor nabije-veld metingen omdat het verre-veld stralingsdiagram van de testantenne (onafhankelijk van het type) in alle richtingen kan worden bepaald. Daarom is de sferische meettechniek bij uitstek geschikt voor calibratie van referentie-antennes en nabije-veld meetprobes en voor antennes waarvan de stralingsdiagrammen over alle ruimtehoeken moeten worden bepaald.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de hier vermelde meettechnieken.

CHARACTERISTICS	OUTDOOR RANGE	ANECHOIC CHAMBER	COMPACT ANTENNA-TEST RANGE	PLANAR SCANNING	CYLINDRICAL SCANNING	SPHERICAL SCANNING
TYPE OF TEST METHOD	far-field method	far-field method	far-field like method	.... near-field to far-field methods..........		
MEASUREMENT DISTANCE	$R > 2D^2/\lambda$	$R > 2D^2/\lambda$	$10\lambda < R < 0.1\ D^2/\lambda$	..........in radiating near field..............		
APPLICABLE FREQUENCIES	all	100 MHz - 100 GHz	1 - 100 GHZ	limited by scanning and computation times (Table 1.1) and by scan surface accuracy		
CROSS-POLAR PERFORMANCE	very good	good	good	good	good	good
ANTENNAS CAPABLE TO BE TESTED.	all	small antennas	all, D < 5 m	directive	omni-directional	all
SPECIAL APPLICATIONS	ground reflection tests at VHF/UHF frequencies	feeds scaled-down testing	radar cross-section measurements	planar phased arrays	fanned beam	absolute gain determination
REAL TIME OPERATION	yes	yes	yes	no	no	no
CAPABILITY SYSTEM-LEVEL TESTING	yes, e.g. in-flight testing aircraft antennas	no	yes	yes	yes	no
OVERALL RELATIVE COST	high	low	moderate	moderate	moderate	high
LIMITATIONS	weather, safety security	operational frequency range	size and tolerances of CATR reflector(s), feed pattern	large scan and computation times.................. inefficient for development testing		
INSTRUMENTATION AND STRUCTURE	towers positioner test site	RF absorber positioner anechoic room	CATR reflector(s) positioner RF absorber anechoic room	RF absorber (limited), 2D scanner anechoic room	RF absorber 1D scanner positioner anechoic room	RF absorber 3D positioner anechoic room
SOFTWARE	..control, calibration, data collection, analysis....			control, data collection, near-field to far-field calculations and probe corrections		

Tabel: Overzicht van antennemeettechnieken (Beeckman, 1987)

4. Antenne-applicaties anno 1988

In dit hoofdstuk zullen enige toepassingen worden aangestipt die illustratief zijn voor de antenne-ontwikkelingen van de tachtiger jaren.

4.1 Grondstations met afmetingen kleiner dan enige meters en voor frequenties tot 30 GHz

Bekend zijn de de kleine grondstations voor direkte ontvangst van omroepsatellieten. De kosten van zowel grondstation-reflectorantenne als van de hoog-frequent hardware moeten minimaal zijn. Nieuwe materialen en mechanische technieken zijn voor reflectorantennes ontwikkeld. Nieuwe technologieen geschikt voor massafabricage van microgolfontvangers maken gebruik van monolitische microgolf IC's en moeten verdere reductie van kosten mogelijk maken.

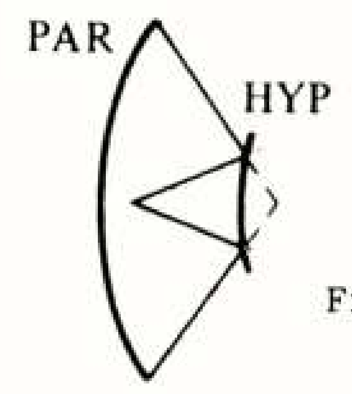
Een tweede terrein met toekomst voor het kleine grondstation is de VSAT (Very Small Antenne Terminal). De VSAT wordt toegepast in toekomstige "Business Communications Networks", waarin ISDN diensten via de satelliet kunnen worden aangeboden. Deze netwerken zullen niet alleen gebruikt worden voor nieuwe toepassingen maar ook voor vervanging en/of aanvulling van bestaande netwerken.

Kenmerkend voor de kleine grondstations zijn de "out-door units" waarin de hoog-frequent subsystemen inclusief down converters zijn opgenomen en de "in-door units" waarin modulator/demodulator en basisbandsysteem is geplaatst.

Deze nieuwe diensten met satellieten "werkend" op 20 en 30 GHz worden ondermeer onderzocht op internationale schaal in het kader van het zgn. Olympus projekt. Olympus is de ESA satelliet die in 1989 zal worden gelanceerd en wordt als eerste "large-satellite platform" trendsetter voor de Europese communicatie-satelliet.

4.2 Antennes met een frequentie-selectief reflector oppervlak

In onderstaande figuur is de geometrie van een klassieke Cassegrain reflectorantenne gegeven. PAR en HYP stellen de omwentelings paraboloide en de hyperboloide voor. Een van de brandpunten van de hyperboloide valt samen met het brandpunt van de paraboloide. Veronderstel dat de hyperboloide een ideale reflector oplevert voor een frequentie f_1 en dat deze ideaal transparant is, d.w.z. zonder reflecties, voor frequentie f_2. T.p.v. het brandpunt van de parabool kan een belichtersysteem op f_2 en t.p.v. het andere brandpunt van de hyperboloide kan een belichtersysteem op f_1 worden aangebracht. Multi band reflector-antennes laten zich op deze wijze ontwerpen. (Comtesse, 1987).



Figuur 8 Cassegrain Reflectorantenne

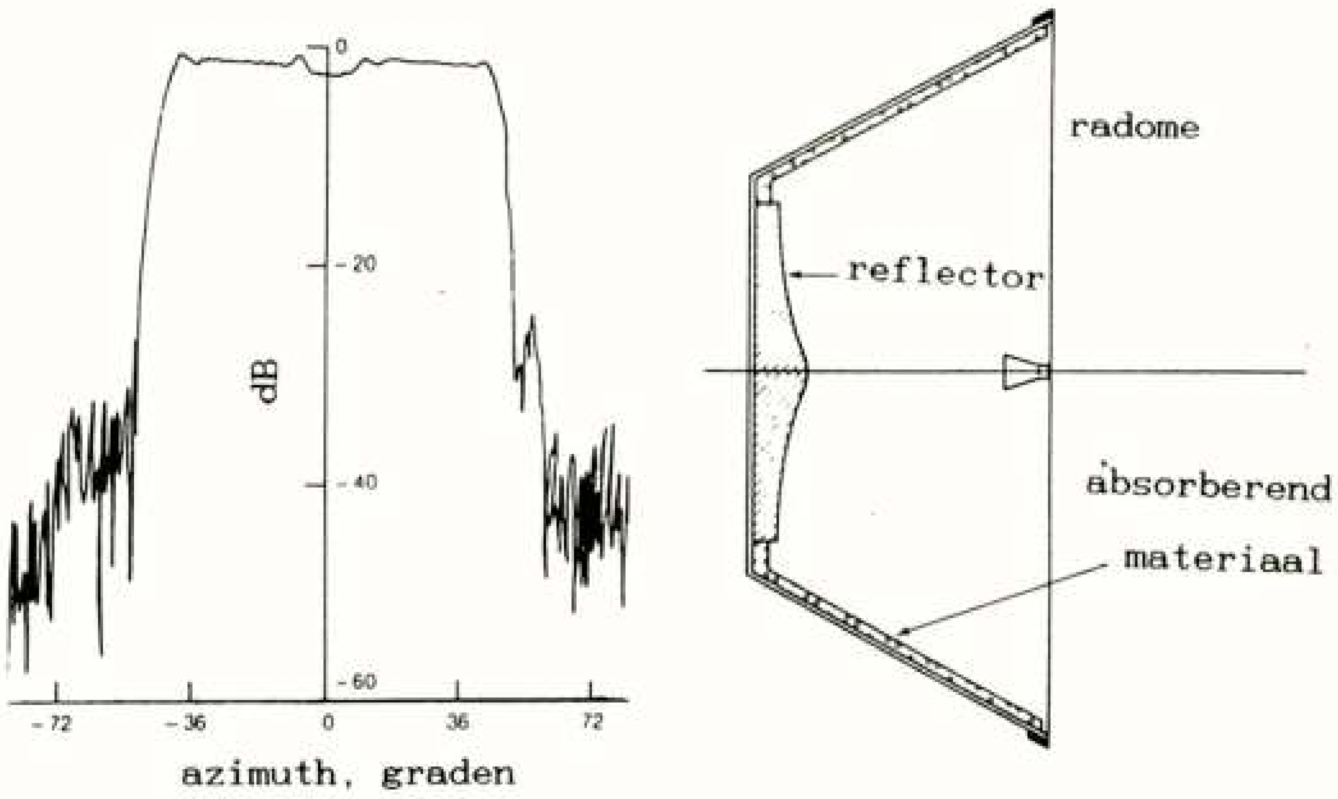
De realisering van het frequentieselectieve hyperbolische reflectoroppervlak is mogelijk door op en/of tussen een dielektrische dragermateriaal "dipool-achtige" elementen aan te brengen. De elementen kunnen diverse vormen aannemen zoals van een lijn, kruis, rechthoek, etc. De afmetingen van de elementen zijn kleiner dan een kwart golflengte; de onderlinge afstanden tussen de elementen kleiner dan een halve golflengte. Meerdere lagen van deze frequentie selectieve elementen kunnen het gedrag van de reflectie over een grotere bandbreedte verbeteren.

4.3 Reflectorantennes met zgn "Fan-Beams"

Voor diverse toepassingen is het wenselijk om geen rotatiesymmetrische stralingsdiagrammen te realiseren, maar in één vlak een grote bundelbreedte (b.v. het azimuth-vlak) en in het vlak loodrecht hierop (in dat geval het elevatie-vlak) een kleine bundelbreedte. Een voorbeeld hiervan is de sectorantenne te gebruiken bij basisstations t.b.v. de mobiele communicatie netwerken.

Bij reflector antennes kan -door aanpassing van het reflectoroppervlak in combinatie met een juiste positionering van de belichter- een apertuur veld worden gerealiseerd welke een constant stralingsdiagram in het azimuth-vlak oplevert over een grote bundelbreedte. Een kleine bundelbreedte in het elevatievlak levert het gewenste diagram voor de zgn "fan-beam".

Een voorbeeld hiervan wordt getoond in onderstaande Figuur 9.



Figuur 9 Fan-Beam van een "shaped" reflectorantenne (1988)

4.4 Reconfigureerbare antenne bundels

Zeer complexe antennestelsels zullen worden toegepast aan boord van de nieuwe generatie EUTELSAT (European Telecommunication Satellite Organisation) satellieten. Deze stelsels moeten in staat zijn om vanaf de aarde de vorm van de stralingsdiagrammen van de zendantennes bij te stellen. Hiermee wordt bereikt dat het door de satelliet uitgezonden vermogen optimaal in het verzorgingsgebied op aarde zal worden ontvangen.

Dezelfde antenneconfiguraties worden ook gebruikt voor ontvangst van door grondstations uitgezonden informatie. Het totale frequentiegebied betreft 10.95 GHz - 14.0 GHz.

Door gebruik te maken van een multi-belichter systeem is het mogelijk om meerdere antennebundels te realiseren zowel met hoge bundeling t.b.v. een klein verzorgingsgebied als met minder hoge bundeling t.b.v. een groot verzorgingsgebied.

De gebruikte satellietantennes zijn van het type Offset-parabolische reflectorantenne met twee belichtersystemen per reflector voor de twee lineaire orthogonale polarisaties. Vanwege het tweevoudige cluster van belichters moet ook het reflectoroppervlak polarisatie-afhankelijk gemaakt worden. Dit kan gerealiseerd worden m.b.v. een roosterstructuur als reflectoroppervlak (Durett, 1988).

De eisen betreffende bandbreedte en de reconfigureerbare bundels stellen zware eisen aan het totale antenneconcept.

4.5 Multi-bundel antennes

Complexe multi-belichter reflectorantennes kunnen ook een belangrijke rol spelen bij 20 - 30 GHz multi-beam satellieten (Doro, 1988). Onderzoek is gaande naar de mogelijkheden van dergelijke hybride reflectorantennes om Europa te "belichten" met zeer vele "regionale" bundels en tegelijkertijd een beperkt aantal "city" bundels te realiseren welke grote steden in Europa met elkaar verbinden. De "city" bundels kunnen worden gebruikt voor traditionele communicatiediensten, video conferenties en speciale missies.

Multi-bundel reflectorantennes kunnen ook op aarde worden toegepast ter bestrijding van meerwegfading op straalverbindingen (Dombek, 1988).

Een belangrijk deel van het huidige onderzoek bij zowel reconfigureerbare als multi-beam antennes is gericht op de ontwikkeling van een kleine beichter die kan worden opgenomen in een antennestelsel. Belangrijke kandidaten zijn golfpijpstralers en zgn. microstripantennes.

Breedband miniatuur golfpijpstralers geschikt voor twee lineaire orthogonale polarisaties worden gerealiseerd met vierkante golfpijpen gevuld met dielectrica. De dwarsdoorsnede van een dergelijke straler kan op deze wijze kleiner dan de halve (vrije ruimte) golflengte worden gemaakt (Ligthart, 1988).

Microstripantennes zijn zeer platte resonante netwerken als verbreding van een transmissielijn op een dielectrische drager met eronder een goed geleidend grondvlak. De lengte van de verbreding is circa een halve golflengte. De charme van de microstrip is de geringe hoogte, nadeel is de frequentie-afhankelijkheid (Roederer, 1988). Onderzoek in Europa vindt plaats in het kader van EG/COST (European COoperation in the field of Scientific and Technical research). Onderzoek naar integratie van aktieve microgolfschakelingen met de microstripantenne is een belangrijk onderzoeksterrein dat doorloopt tot in de negentiger jaren.

Fase gestuurde antennestelsels met grote aantallen antenne-elementen leveren de mogelijkheid van elektronische bundelsturing. Door nieuwe technologieen (Monolitische Microgolf IC's) en miniaturisatie van het netwerk direkt achter de antennes ontstaan er mogelijkheden voor deze zgn phased-arrays. Onderzoek op dit gebied zal tot ver in de negentiger jaren moeten plaatsvinden.

Conclusies

In deze publikatie is op beschrijvende wijze een overzicht gegeven van de plaats die antennes innemen anno 1988. Ingegaan is op de antenne theorie, antenne meettechnieken en antenne-toepassingen.

Veel vooruitgang is de afgelopen 10 jaar geboekt op alle terreinen. In de toekomst zullen multi-funktionaliteiten aan antennestelsels worden toegevoegd, adaptieve antennestelsels als schakel in de radioweg worden opgenomen en de antennes met de circuits achter de antennes worden geintegreerd.

Onderzoek zal nodig zijn op gebieden van antenne-elementen, reflector antennes gecombineerd met multi-belichtersystemen, aktieve componenten geintegreerd met antenne-elementen, ... kortom een goede toekomst voor antenne-onderzoek.

Referenties

P.A. Beeckman, "Analysis and Experiments concerning the Performance and Calibratie of Compact Antenna-Test Ranges", Dr. thesis Eindhoven, ISBN 90-9001727-5, 1987.

L.C. Comtesse et al, "Frequency Selective Surfaces in Dual and Triple Band Offset Reflectorantennas", Proc. 17th European Microwave Conf., Rome, 1987, pp 208-213.

K.P. Dombek et al, "Reduction of Multipath Interference by Adaptive Beam Forming Antennas", Proc. COST 213/KUL Phased-Array Workshop, Leuven, 1988, pp 263-275.

G. Doro et al, "Beam Forming Networks for Satellite Antennae at 11/14 and 20/30 GHz", Proc. COST 213/KUL Phased-Array Workshop, Leuven, 1988, pp 195-215.

G. Durett et al, "The Eutelsat II Reconfigurable Multibeam Antenna, Development Review", Proc. JINA 88 Conf., Nice, 1988, pp 188-192.

S.W. Gibson, "Cellular Mobile Radiotelephones", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Yersey, 1987.

R. Hartman et al, "Fundamentals of Antenna Test and Evaluation", MSN vol.18 - No. 6, 1988, pp 8-20.

K. van 't Klooster, "Radiation Characteristics of a Pand of the ERS-1 SAR Antenna from Planar Scanning", Proc. 17th European Microwave Conf., Rome, 1987.

J.D. Kraus, "Antennas", Mc Graw - Hill, 1988.

L. Krul, "Hertze-Golven", Tijdschrift NERG, deze uitgave.

L.P. Ligthart et al, "Hybrid Reflector Arrays with Miniature Waveguide Radiators"' Proc. COST 213/KUL Phased-Array Workshop, Leuven, 1988, pp 277-286.

A.G. Roederer et al, "Recent European Array Antenna Developments for Mobile Communications", Proc. COST 213/KUL Phased-Array Workshop, Leuven, 1988, pp 151-161.

Voordracht gehouden tijdens de 361e werkvergadering.

VAN EEN BESTUURSLID

Tokyo, December 1988.

Beste NERGenoten,

Na een half jaar bij Hitachi Central Research Laboratories leek de tijd mij rijp om enkele impressies van leven en werken in Japan op papier te zetten. Als dilettant-Japanoloog zonder sociologische scholing zal ik geen poging wagen om algemeenheden van de Japanners en hun samenleving te doorgronden. Wel heb ik mijn sfeertekening terwille van de leesbaarheid voorzien van een elementaire systematiek in de vorm van een onderverdeling in een aantal thema's. Voor een meer serieuze studie van Japan Inc. verwijs ik gaarne naar het uitstekende boek 'The Japanese' van Edwin O. Reischauer (Harvard Press, 1977).

1. Werken bij Hitachi

1.1. Werkomgeving.

Hitachi Central Research Laboratories (HCRL) is een van de twee grootste 'Corporate Research Laboratories' van Hitachi. Het is gelegen aan de rand van Tokyo, en wordt omgeven door een prachtig park dat het decor vormt voor o.a. het lente- en zomerfeest van HCRL. Het complex van ongeveer 10 gebouwen herbergt zo'n 1300 medewerkers, waarvan een opvallend hoog percentage (in researchgroepen meer dan 80) een universitaire graad bezit. In de researchgroep 'Digital Video Recording' ben ik samen met 20 collega's ondergebracht op de bovenverdieping van een oud bedrijfsgebouw. Deze naar Japanse maatstaven riante ruimte van ca. 7*25 meter is onderverdeeld in een laboratoriumgedeelte, een kleine experimentele TV-studio, een studiegedeelte met voor elke medewerker een eigen bureau, en een hoekje waarin besprekingen en voordrachten gehouden kunnen worden, dit alles goeddeels van elkaar gescheiden door middel van gordijnen. De groepsleider bezet een bureau bij het raam, van waaraf hij de hele groep kan overzien. De overige bureau's staan opgesteld in groepjes die een afspiegeling vormen van de verschillende researchprojecten. Daarbij zitten de senior researchers het dichtst bij de groepsleider, en de junior-onderzoekers het dichtst bij de deur. Ik moet het dan ook als een eer beschouwen dat mijn bureau in de voorste geleding staat opgesteld. Ook de bureaustoelen hebben symbolische waarde: tot en met het niveau van researcher heeft men in principe geen recht op armleuningen. Verder vertoont de maandelijkse bijdrage aan het groepspotje voor sociale evenementen een sterke hierarchische afhankelijkheid. Misschien ligt hier een oorzaak voor mijn relatief hoge inschaling in de Hitachi-rangen: na de groepsleider, en samen met senior researchers, geniet ik de twijfelachtige eer om het hoogst te worden aangeslagen. De Japanse hang naar hierarchische ordening is tenslotte fraai weerspiegeld in het interne telefoonboek. 'Gewone' medewerkers worden hierin vermeld in Kanji, het Japanse symbolische alfabet. Vanaf het niveau van senior researcher worden namen vertaald in Katakana, het Japanse syllabische alfabet dat in het dagelijkse leven wordt gebruikt voor buitenlandse woorden zoals 'Kokakora' (Coca Cola), 'Kurisumasu' (Christmas), 'Taipuraitu' (typewriter), enzovoorts. Van groepsleiders en senior researchers worden de eerste 3 Katakana-symbolen vermeld, van chief researchers en afdelingsleiders (adjunct directeuren) de eerste twee, en de directeur wordt, samen met de meest hooggeplaatste wetenschapper (een super senior chief researcher?) distinctief met slechts een katakana-symbool aangeduid. Deze symboliek lijkt zijn effect niet te missen: vergeleken bij Philips komt het mij voor dat directieleden een straatlengte verder van de gewone medewerker verwijderd zijn, en soms bijna als halfgoden beschouwd worden.

De onderzoekers in de groep maken op mij een veelzijdige en kundige indruk. Dit is ongetwijfeld mede te danken aan het feit dat ze allemaal een groot gedeelte van hun carriere op HCRL doorbrengen en op die manier een rijke ervaring opbouwen. Ook de geregelde veranderingen van onderwerp binnen hetzelfde globale vakgebied spelen daarbij een rol, evenals het feit dat project-verantwoordelijkheden vaak min of meer uniform gedistribueerd zijn over een kleine groep van mensen, die alle projectstadia doorlopen vanaf het systeemontwerp en de simulaties tot aan het ontwerpen, implementeren en testen van detail-circuits. Tenslotte zijn er, mede dankzij het feit dat de hele groep in een enkele ruimte is

ondergebracht, opvallend veel informele kontakten, die er toe leiden dat men uitstekend op de hoogte is van elkaars werk. Gemeten in Engelstalige publikaties is de produktie wellicht bescheiden, maar Japanstalige geschriften rollen in hoog tempo van de bureau's, terwijl vrijwel elke week een nieuw stuk experimentele hardware zijn vuurdoop krijgt. Hoewel het werk in de groep nadrukkelijk toepassingsgericht is, is men sterk gespitst op het inbrengen van innovaties. Er worden dan ook veel patentaanvragen geschreven (vrijwel altijd door de uitvinders zelf!). Fundamentele achtergronden en generalisaties staan, vooral gezien de grote tijddruk waaronder men opereert (en beslist niet vanwege onvoldoende belangstelling of kunde) wat meer op de achtergrond. Deze opvallende druk vloeit minstens ten dele voort uit het feit dat HCRL maar liefst 50 procent van haar inkomsten moet betrekken uit projecten voor de bedrijfsdivisies. Door het afleveren van kwaliteit en zorgvuldig voorbereide researchtentoonstellingen overtreft het aanbod van projecten de vraag met ongeveer een faktor 2. Het gevolg is dat researchgroepen in staat zijn om binnen vrij ruime grenzen de grote lijnen van hun onderzoek te definieren, en om vervolgens die projecten te kiezen die daar qua niveau en/of onderwerp het best bij passen. Dat deze sinds 1964 gehanteerde aanpak succesvol is blijkt wel uit het feit dat vele grote Japanse electronicabedrijven Hitachi zijn nagevolgd, met uitzondering van firma's als Sharp en Sony met een relatief smal produktenpakket. Zo is Fujitsu Research Laboratories een volledig zelfstandige onderneming, die voor verreweg het merendeel van haar inkomsten afhankelijk is van contractresearch. Bij NEC Research Laboratories schijnt men zelfs externe klanten niet te schuwen. Hoewel mijn collega's de bedrijfskundige voordelen van deze projectgerichte opstelling volledig onderkennen, poneren ze tegelijkertijd met Japanse bescheidenheid dat de Europese en Amerikaanse vrijheid van onderzoek aan de wieg staat van werkelijk grote vernieuwingen zoals het Compact Disc systeem. Zo blijft er altijd iets om naar te verlangen.

1.2. Opbouw van een werkdag.

Zoals de meeste Japanse bedrijven hanteert HCRL sinds jaar en dag een systeem van verplichte werktijden waaraan heel precies de hand wordt gehouden: vanaf acht uur 's ochtends druppelen de mensen binnen, en wanneer de gong gaat om half negen zit iedereen startklaar achter zijn bureau. Ikzelf vertrek rond half acht van huis; vijftien minuten lopen naar het station, twintig met de trein (die gelukkig niet zo overvol is als de treinen in de omgekeerde richting, naar het centrum van Tokyo; toch moet ik vrijwel altijd staan), en nog eens tien naar het laboratorium. Om vijf voor half negen klinkt uit alle luidsprekers piano-muziek met vocale begeleiding, bedoeld om het personeel tot collectieve lichaamsbeweging aan te sporen. Met enige moeite heb ik in een ander gebouw twee personen kunnen vinden die aan deze lokroep gehoor gaven; in fabrieken schijnt bijna iedereen mee te doen. Klokslag twaalf klinkt het lunchsignaal. Op dat moment spoeden alle medewerkers zich (meestal in looppas) naar de kantine om daar in een ijltempo van 5 of hoogstens 10 minuten een volledige maaltijd (soep, groene thee, rijst, verschillende soorten vlees of vis, diverse groenten, en verschillende niet nader identificeerbare bestanddelen) naar binnen te werken - in tegenstelling tot het Westen schijnt de lunch hier geen sociale functie te hebben. Het resterende half uur wordt doorgebracht met wandelen, lezen en sporten zoals badminton, pan-pon (een Hitachi-kruising van ping-pong en tennis), trimmen, tennis, en in de zomer zelfs zwemmen in het Hitachi-zwembad: de sportieve voorzieningen zijn hier uitstekend. Klokslag kwart voor een zit iedereen weer startklaar achter zijn bureau. Om kwart over vijf klinkt het signaal voor het einde van de werkdag, maar vrijwel niemand vertrekt dan. Wel wordt de sfeer meer ontspannen, en een enkele keer worden ook de computerspelletjes uitgeprobeerd. De meeste collega's plegen tussen zeven en acht uur 's avonds naar huis te gaan, maar veel later komt ook voor. Zelfs op zaterdagen en zondagen wordt gewerkt als tijdschema's van projecten in het gedrang dreigen te komen.

1.3. Koestering van het saamhorigheidsbesef.

Na de stroom van welkomstfeestjes waaraan ik, net als alle buitenlandse gasten bij Hitachi trouwens, ben ondergedompeld is de netto feestfrequentie nog steeds niet noemenswaardig afgenomen. Simpele aanleidingen als het ontluiken van de kersenbloesem of het mooie weer worden aangegrepen om een

gemeenschappelijke uitspatting op touw te zetten, en ook periodieke gelegenheden van meer formele aard worden opgeluisterd met feestjes die zonder buitenlandse gasten niet compleet lijken te zijn. De halfjaarlijkse promotie- en overplaatsingsronde bijvoorbeeld wordt afdelingsgewijs gevierd met feestjes met veel vis, bier en sake waarbij naast de betrokkenen ook de senior- en chief-researchers, het afdelingsmanagement en de buitenlandse gasten aanwezig zijn. (Overigens plegen deze feestjes de ware gemoedsgesteldheid van de overgeplaatsten te verhullen: niet zelden is hun nieuwe werkplek ver buiten Tokyo en is het vrijwel onmogelijk om de nieuwe positie te weigeren. Een weekendhuwelijk is vaak het gevolg: het is immers ondenkbaar om kinderen in dit krankzinnige competitiesysteem een studieachterstand te laten oplopen door een verhuizing, nog afgezien van het feit dat niemand er serieus over zal denken om zijn zeer duur gekochte woning in een buitenwijk van Tokyo van de hand te doen en 20 procent van de verkoopsom als belasting aan de overheid af te dragen.) Hoewel er veel gegeten en gedronken wordt, ligt het zwaartepunt van feestjes als deze toch wel in de onvermijdelijke stroom van toespraken, waaraan eenieder die ook maar enigszins in de belangstelling staat (of geplaatst kan worden) een verplichte bijdrage levert. Deze gewoonte is weliswaar storend maar tegelijkertijd zeer funktioneel, omdat ze dienstig is aan de saamhorigheidsgedachte die de Japanse samenleving op zo grote schaal doortrekt. Bij Hitachi zijn ook collectieve uitjes (zoals het jaarlijkse groepsuitstapje van twee dagen), het lentefeest in Mei, de Hitachi Inns, de overdadige sportvoorzieningen, de 'company marriages', de sportdag in het najaar en de goedkope (hoewel kleine) appartementen van het bedrijf in deze context te plaatsen. Op wat grotere schaal wordt de harmonie in de Japanse samenleving wellicht goed geillustreerd door het feit dat zoveel mensen zo dicht op elkaar gepakt weten te leven met een graad van verdraagzaamheid en persoonlijke veiligheid die ongehoord is in het Westen. Op politiek niveau is het opvallend dat de regerende partij zelden haar absolute meerderheid aanwendt voor het doordrukken van wetsvoorstellen, maar in plaats daarvan moeizaam en tijdrovend overleg met de oppositie prefereert om tot een zo breed mogelijk maatschappelijk draagvlak te komen (dit verklaart ten dele waarom de Japanse houding ten aanzien van het wegnemen van importbelemmeringen naar buiten toe zo passief lijkt). Ook in bedrijven worden belangrijke beslissingen pas genomen na een brede consensusvorming. Dit alles levert ontegenzeglijk een positieve bijdrage aan het industriele succes van Japan, omdat het nu eenmaal beter is dat mensen op inefficiente wijze samenwerken dan dat eenieder zoals in het Westen op efficiente wijze zijns weegs gaat. Er zijn uiteraard ook keerzijden aan de saamhorigheidsmedaille. Deviantie bijvoorbeeld wordt moeilijk geaccepteerd; een bekend Japans spreekwoord luidt 'De spijker die uitsteekt wordt kromgeslagen'. Een mooi voorbeeld is de mode in Japan, die eigenlijk een contradictio in terminis is omdat vrijwel iedereen hetzelfde draagt (het is grappig hoezeer het straatbeeld van Tokyo bepaald wordt door de kleuren wit en zwart van zowel kleding als automobielen). Niet helemaal ten onrechte worden Japanners dan ook wel eens vergeleken met een school vissen die zich op ordelijke wijze voortbeweegt, zelfs nadat een verstoring in het water haar plotseling van richting heeft doen veranderen.

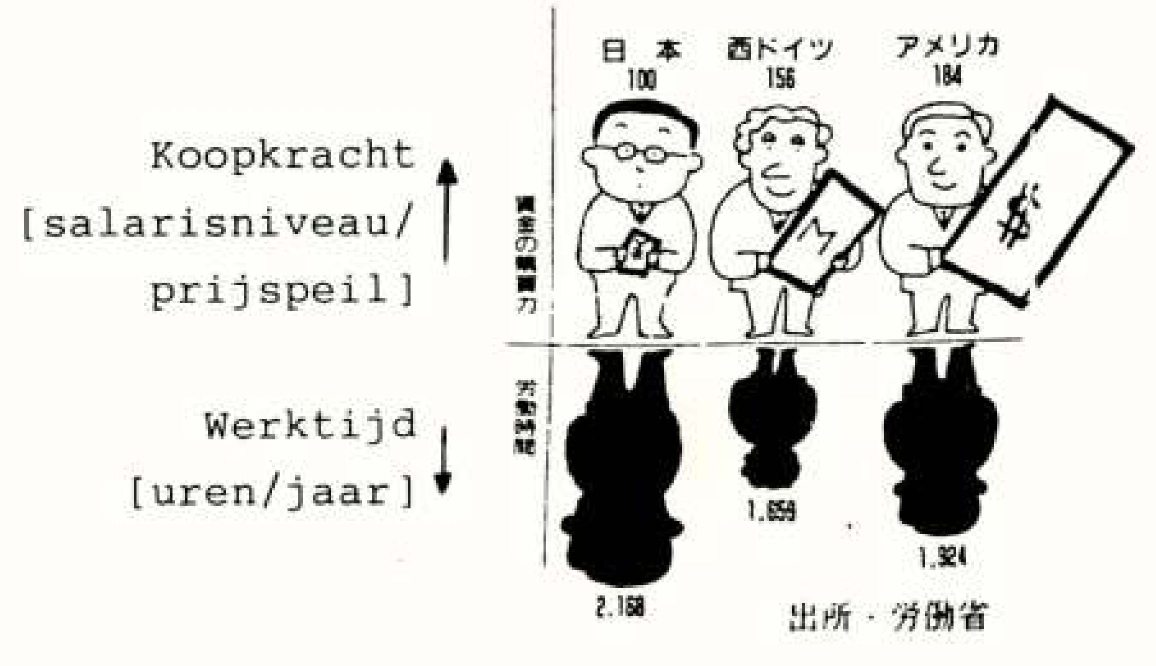
1.4. Internationalisatie.

HCRL biedt, dunkt mij, een goed kijkvenster op de invulling die grote Japanse ondernemingen geven aan hun als noodzaak ervaren internationalisatiestreven. Zo wordt het vergroten van de Engelse taalvaardigheid aktief gepropageerd via interne cursussen, waar veel HCRL-medewerkers hun toch al schaarse vrije avonduren en zaterdagen aan opofferen. Hitachi kent 4 gradaties met bijbehorende examens. Het op een na hoogste niveau, waarop een langzaam en eenvoudig gesprek mogelijk is, is vereist om naar het buitenland te mogen voor conferenties. Mijn groepsleider (die overigens in de afgelopen 5 jaar nog geen enkele verlofdag buiten de verplichte dagen om heeft opgenomen) is een van de weinige mensen bij HCRL met de hoogste kwalificatie. Op dit niveau is een vrij van dit programma vooralsnog bescheiden is (hoewel Hitachi zich in positieve zin van de concurrentie onderscheidt) blijkt ook uit het feit dat in mijn groep slechts enkele collega's het aandurven om aan de tekstverwerker Latijnse tekens te ontlokken. Een duidelijker teken van Hitachi's mondiale aspiraties is HIVIPS (HItachi research VIsit ProgramS). Via dit programma worden buitenlandse onderzoekers gedurende drie maanden tot enkele jaren op HCRL

gestationeerd, waardoor veel HCRL-medewerkers op directe wijze aan buitenlandse invloeden blootgesteld worden. Een aantal jaren geleden is HIVIPS bescheiden van start gegaan, op dit ogenblik zijn er 13 buitenlanders (2 van Philips, 1 van Northern Telecom, 1 van Rockwell Collins, en 9 van Amerikaanse en Canadese universiteiten), en in de nabije toekomst zou dit aantal tot 20 a 30 moeten oplopen. Omgekeerd verblijven er gemiddeld ongeveer evenveel HCRL-medewerkers in het buitenland, voornamelijk op Amerikaanse universiteiten. Overigens zijn de buitenlandse gasten bij Hitachi niet in de laatste plaats op linguistisch gebied functioneel; in verschillende toespraken van mijn groepsleider heb ik al moeten horen hoezeer hij mijn verblijf in de groep in dit opzicht als vruchtbaar beschouwt.

2. Leven in Japan.

Tokyo is een fascinerende en bruisende stad, die Eindhoven in vrijwel alle opzichten doet verbleken. Ons eigen district, Musashino, is ongeveer even groot als Eindhoven. Volgens mijn collega's is het een van de mooiere en duurdere stukken van Tokyo. Toch zijn de straatjes hier smal, en staan de (vaak grote) huizen dicht tegen elkaar gepakt vanwege de exorbitante grondprijs. De status van de wijk blijkt ook uit het vijftal limousines met chauffeur dat mij tijdens mijn korte wandeling naar het station elke ochtend voorbijschuift. Tokyo-by-night is een bijzondere ervaring. Veel winkels zijn kleurig verlicht en (ook in het weekeinde) tot laat in de avond open, de alomaanwezige restaurants doordringen de straten met een markante vislucht, en de Patchinko-hallen, die van verre herkenbaar zijn aan hun overdadige lichtreklame en hun karakteristieke geluid van rinkelende ballen, zijn gevuld met dicht opeengepakte rijen van 'salarymen' die na hun uitputtende werkdag nog enige verstrooiing zoeken. Dit alles maakt de stad heel sfeervol. Het is opvallend hoe welvarend Tokyo is: vooral het centrum is een aaneenschakeling van architectonische hoogstandjes, winkels zijn volgepakt met onbetaalbare artikelen uit de hele wereld, de mensen op straat zijn opvallend goed (en niet minder duur) gekleed, en de reklame op TV ademt een sfeer van ongebreidelde luxe. De geweldige kracht van deze economie blijkt ook uit de recente (reele) loonsverhogingen van rond de 5 procent, ondanks de force appreciatie van de Yen. Toch laat de levensstandaard in een aantal opzichten nog te wensen over. De gemiddelde Japanner verdient weliswaar een kleine 4000 gulden netto per maand, maar het leven is hier ook 2 tot 3 duurder dan in het Westen, en huizen, vooral in de buurt van Tokyo, zijn vrijwel onbetaalbaar. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er een groeiende onvrede te bespeuren valt ten aanzien van het Japanse welvaarts- en welzijnsniveau. Het onderstaande figuurtje, afkomstig uit een pamflet dat mij aan de hoofdpoort van HCRL in de hand gedrukt werd door de Communistische Partij (die hier overigens weinig populair is maar wel veel van zich laat horen) moet duidelijk maken dat de Japanner minder welvaart geniet dan zijn Westduitse of Amerikaanse collega, maar er veel langer voor moet werken.



Gelukkig lijken de opvattingen ten aanzien van werktijden langzaamaan te veranderen. In veel bedrijven wordt de invoering van 'flextime' overwogen, in sommige researchlaboratoria (o.a. Canon en Konica) bestaat dit systeem al. Sinds Mei is het ook bij Hitachi op proef ingevoerd; tot op heden is er echter weinig of niets van te merken. Ook de vanzelfsprekendheid van overwerk wordt schoorvoetend ter discussie gesteld. De vakbond van HCRL (waarvan elke medewerker beneden het niveau van 'executive' verplicht lid is) propageert een maandelijkse overwerkvrije avond om vaders wat vaker met hun kinderen in contact te brengen (in de produktdivisies, waar mensen onder een grotere dagelijkse druk opereren, kent men zelfs een wekelijkse overwerkvrije avond). In de meeste groepen houdt men op de betreffende avond ook inderdaad vroeg op met werken, zij het dat de rest van de avond niet zelden op Japans-sociale wijze gezamenlijk in een karaoke-bar wordt doorgebracht. Sociale traagheidsmomenten als deze wijzen er op dat Japan Inc. er voorlopig

nog niet aan denkt om zijn industriele en technologische leidersrol af te staan. Reden genoeg om de blik op dit fascinerende land gericht te houden, dunkt mij!

Met welgemeende groet,

Jan Bergmans.

Ons bestuurslid J.W.M. Bergmans is al meer dan een half jaar in Japan werkzaam. Hij stuurde het bestuur enige brieven waarin hij zijn wederwaardigheden beschreef. Op verzoek van de redactie heeft hij deze publicatie voor ons tijdschrift verzorgd.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. H.N. Carbière, Roldestraat 144, 2545 XL 's-Gravenhage.

Dr.Ir. A.J.H.M. Duquesnoy, Kolhornseweg 25, 1213 RS Hilversum.

Ir. W.A.Th. Kotterman, Meerkoetlaan 88, 2623 NK Delft.

Ir. T. Pikaar, Lange Achterweg 64, 3111 JK Schiedam.

R.F.J. Schaffels, Hertogensingel 92, 5341 AG Oss.

W.T.E. Vaessen, Parelduikerstraat 44, 5912 VD Venlo.

Nieuwe leden

Ir. A. Rijbroek, Tolakkerweg 50, 3739 JP Hollandsche Rading.

Nieuwe adressen van leden

W.R.M. Arnoldussen, Haverland 12, 3833 CT Leusden.

Ir. J.M. de Bruijn, Oudelandsedijk 10, 3257 KE Ooltgensplaat.

Ir. R.F.M. de Charro, John Mottweg 100, 3069 VT Rotterdam.

Ir. C. Dorsman, Irenelaan 9-A24, 5583 AD Waalre.

Ir. B.C.A. van der Ham, Krommeweg 6, 5271 CV St. Michielsgestel.

Ir. P.J. van Kats, Van Oosthuyselaan 31, 3971 PD Driebergen-Rijsenb.

Prof.Ir. A. Kok, Turijnstraat 4, 5237 ER 's-Hertogenbosch

Dr.Ir. C.J. Koomen, Sagittalaan 30, 5632 AL Eindhoven.

P.F. Maartense, Maasdijk 22, 5307 HP Poederoyen.

Overleden

Prof.Jhr.Ir. J.L.W.C. von Weiler, Neuhuyskade 22, 2596 XL 's-Gravenhage.

Conferentieaankondigingen

PATO
Betrouwbaarheidsanalyse; 10, 11, 17 en 18 januari 1989 in Arnhem.
Structureren van onderhoud aan technische systemen; 14, 15 en 23 februari 1989 te Arnhem.
Regressie-analyse; 3, 10, 17 en 31 maart 1989 te Eindhoven.
Contactadres: PATO secretariaat, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage. Tel. 070-644957.

ECSC-1 First European Conference on Satellite Communications; 28 - 30 November 1989, Hilton International, München.
Call for papers: summaries 20-01-1989.
Contact-address: Dr. Ing. J.-D. Buchs, ANT Telecommunications RA/E, Gerberstrasse 33, Postfach 1120, D-7150 Backnang, Federal Republic of Germany. Tel. (07191) 132713.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 53 – nr. 5 – 1988

Druk: de Witte, Eindhoven.